



Общетехнический справочник

ББК 34.4
О-28
УДК 621.81 (031)

Авторы: Заслуженный деятель науки и техники РСФСР,
д-р техн. наук проф. А. Н. Малов, канд. техн. наук
В. П. Законников, канд. техн. наук А. Б. Пакнис, канд. техн.
наук К. Ф. Скворцов, канд. техн. наук Е. А. Скороходов

Рецензенты инж. Д. А. Демидов, д-р техн. наук проф. О. Ф. Тищенко

Общетехнический справочник/Под ред. Е. А. Скоро-
О-28 **рохова — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машино-**
строение, 1982. — 415 с., ил. (Серия справочников
для рабочих).

В пер. 1 р. 70 к.

В справочнике приведены сведения по математике, технической ме-
ханике, электротехнике, материалам в машиностроении, деталям ма-
шин, допускам, посадкам и техническим измерениям.

Справочник предназначен для мастеров и квалифицированных рабо-
чих всех профессий.

О 2701000000-611
038(01)-82 46-81.

ББК 34.4
6П5.1

© Издательство «Машиностроение», 1982 г.,
с изменениями

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
<i>Глава I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ (В. П. Законников)</i>	6
Алфавиты и цифры	6
Системы измерений	7
Сведения из математики	15
Сведения из технической механики и электротехники	54
<i>Глава II. МАТЕРИАЛЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ (К. Ф. Скворцов)</i>	71
Металлы и сплавы	71
Общие сведения	71
Чугун	80
Сталь	82
Цветные металлы и сплавы	95
Сортамент	115
Пластические массы	128
Композиционные материалы	142
Керамика и ситаллы	142
Покрытия	145
Лакокрасочные материалы	154
Клеи	161
Древесина	165
Бумажные материалы	166
Изоляционные материалы	167
Резина	169
Смазочные материалы	171
<i>Глава III. ДЕТАЛИ МАШИН (Е. А. Скороходов)</i>	174
Линейные размеры, углы, конусы, радиусы закруглений, канавки	174
Соединения деталей машин	183
Общие сведения	183
Резьбовые соединения	184
Штифтовые соединения	253
Шпоночные соединения	255
Шлицевые соединения	259
Механические передачи вращательного движения	263
Общие сведения	263
Ременные передачи	263
Цепные передачи	281

Зубчатые и червячные передачи	286
Подшипники (А. Н. Малов)	300
<i>Глава IV. ДОПУСКИ, ПОСАДКИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕ-</i>	
<i>РЕНИЯ (А. Б. Пакнис)</i>	<i>309</i>
Допуски и посадки	309
Отклонения формы и расположения поверхностей . .	346
Шероховатость поверхности	360
Измерительные средства	364
Выбор измерительных средств	369
Методы и средства измерения типовых деталей . . .	370
Измерения физических величин	397
Список литературы	399
Перечень ГОСТов и СТ СЭВ	400
Предметный указатель	406

ПРЕДИСЛОВИЕ

В 1971 г. под редакцией д-ра техн. наук проф. А. Н. Малова был выпущен «Общетеchnический справочник» для мастеров и квалифицированных рабочих машиностроительных и приборостроительных заводов. В нем были приведены сведения по математике, механике, электротехнике, машиностроительному черчению, машиностроительным материалам, деталям машин, допускам, посадкам и техническим измерениям, технике безопасности и др.

За прошедшие годы многие материалы первого издания справочника устарели, что вызвало необходимость второго издания справочника с соответствующей переработкой всего материала. Второе издание справочника подготовил проф. А. Н. Малов, определивший структуру и авторский коллектив справочника. Стремление сохранить малый объем справочника при максимально возможной информации по основным разделам вызвало необходимость исключить некоторые материалы, по которым имеются самостоятельные справочники.

Во втором издании «Общетеchnического справочника» приведены сведения по математике, механике, машиностроительным материалам, деталям машин, допускам, посадкам и техническим измерениям в соответствии с действующими ГОСТами и стандартами СЭВ на момент издания справочника.

ГЛАВА I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

ФАВИТЫ И ЦИФРЫ

1. Латинский и греческий алфавиты

Руко- писные буквы	Произно- шение	Руко- писные буквы	Произно- шение	Руко- писные буквы	Произно- шение
Латинский алфавит					
<i>A a</i>	а	<i>J j</i>	йот	<i>S s</i>	эс
<i>B b</i>	бе	<i>K k</i>	ка	<i>T t</i>	тэ
<i>C c</i>	це	<i>L l</i>	эль	<i>U u</i>	у
<i>D d</i>	де	<i>M m</i>	эм	<i>V v</i>	ве
<i>E e</i>	е	<i>N n</i>	эн	<i>W w</i>	дубль-ве
<i>F f</i>	эф	<i>O o</i>	о	<i>X x</i>	икс
<i>G g</i>	ге	<i>P p</i>	пэ	<i>Y y</i>	игрек
<i>H h</i>	аш	<i>Q q</i>	ку	<i>Z z</i>	зет
<i>I i</i>	и	<i>R r</i>	эр		
Греческий алфавит					
<i>A α</i>	альфа	<i>I ι</i>	йота	<i>P ρ</i>	ро
<i>B β</i>	бета	<i>K κ</i>	каппа	<i>Σ σ</i>	сигма
<i>Γ γ</i>	гамма	<i>Λ λ</i>	ламбда	<i>Τ τ</i>	тау
<i>Δ δ</i>	дельта	<i>Μ μ</i>	мю	<i>Υ υ</i>	ипсилон
<i>E ε</i>	эпсилон	<i>N ν</i>	ню	<i>Φ φ</i>	фи
<i>Z ζ</i>	дзета	<i>Ξ ξ</i>	кси	<i>Χ χ</i>	хи
<i>Η η</i>	эта	<i>Ο ο</i>	омикрон	<i>Ψ ψ</i>	пси
<i>Θ θ</i>	тхэта	<i>Π π</i>	пи	<i>Ω ω</i>	омега

Римские цифры изображаются основными знаками: I, V, X, L, C, D и M, которые соответствуют следующим натуральным числам: I—1; V—5; X—10; L—50; C—100; D—500 и M—1000. При помощи основных знаков записываются все натуральные числа. Для определения натурального числа, записанного римскими цифрами, нужно сложить значения всех римских цифр, записанных в числе, например: XVI = 10 + 5 + 1 = 16; CCXXVIII = 100 + 100 + 10 + 10 + 5 + 1 + 1 + 1 = 228. Однако если перед большей по значению цифрой стоит меньшая, то из цифры большего значения следует вычесть цифру меньшего значения, например: CXXIV = 100 + 10 + 10 + (5 - 1) = 124; CMIX = (1000 - 100) + (10 - 1) = 909.

Примеры I=1; II=2; III=3; V=5; VI=6; VII=7; VIII=8; IX=9; X=10; XII=12; XV=15; XX=20; XXX=30; XL=40; LX=60; XC=90; XCIX=99; CCXI=211; CM=900; XM=990; IM=999; MI=1001; MCMLXXX=1980.

Степени числа 10 и названия больших чисел

$$10^n = \underbrace{10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot \dots \cdot 10}_{n \text{ раз}}; \quad 10^0 = 1; \quad 10^1 = 10;$$

$10^3 = 1000$ — тысяча; $10^6 = 1\,000\,000$ — миллион;

$10^9 = 1\,000\,000\,000$ — миллиард;

$$10^{-n} = \frac{1}{10^n} = \frac{1}{\underbrace{10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot \dots \cdot 10}_{n \text{ раз}}};$$

$10^{-1} = 0,1$ — одна десятая; $10^{-3} = 0,001$ — одна тысячная;

$10^{-6} = 0,000001$ — одна миллионная и т. д.

СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ

С 1 января 1980 года в СССР введен в действие СТ СЭВ 1052—78 «Метрология. Единицы физических величин», который устанавливает обязательное применение в науке и технике единиц Международной системы единиц (сокращенно СИ). Для образования кратных и дольных единиц СТ СЭВ 1052—78 устанавливает множители и приставки (табл. 2). Основные, дополнительные и производные единицы СИ приведены в табл. 3. Внесистемные единицы, допускаемые СТ СЭВ 1052—78 к применению наравне с единицами СИ, приведены в табл. 4.

В табл. 5 приведены важнейшие производные единицы СИ, применяемые в науке и технике.

2. Десятичные приставки

Мно- жи- тель	Наимено- вание приставки	Обозначение		Мно- жи- тель	Наимено- вание приставки	Обозначение	
		рус- ское	между- народное			рус- ское	между- народное
10^{12}	тера	Т	T	10^{-1}	деци	д	d
10^9	гига	Г	G	10^{-2}	сант	с	c
10^6	мега	М	M	10^{-3}	милл	м	m
10^3	кило	к	k	10^{-6}	микро	мк	μ
10^2	гекто	г	h	10^{-9}	нано	н	n
10^1	дека	да	da	10^{-12}	пико	п	p

Примечание. Кратные и дольные единицы образуются путем умножения или деления на степень числа 10. Их наименования получаются прибавлением указанных в таблице приставок к наименованиям основных или производных единиц, например: километр, миллиграмм, микрометр и т. п.

3. Основные и дополнительные единицы СИ

Наименование величины	Единица			
	наименование	Обозначение		Определение
		русское	между- народное	
Основные единицы				
Длина	метр	м	m	Метр равен длине 1 650 763,73 длин волн в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями $2p_{10}$ и $5d_5$ атома криптона-86
Масса	килограмм	кг	kg	Килограмм равен массе международного прототипа килограмма
Время	секунда	с	s	Секунда равна 9 192 631 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133
Сила электрического тока	ампер	A	A	Ампер равен силе неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызвал бы на участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н
Термодинамическая температура	кельвин	K	K	Кельвин равен 1/273,16 части термодинамической температуры тройной точки воды
Сила света	кандела	кд	cd	Кандела равна силе света, испускаемого с поверхности площадью $1/600\,000$ м ² полного излучателя в перпендикулярном направлении, при температуре излучателя, равной температуре затвердевания платины при давлении 101 325 Па
Количество вещества	моль	моль	mol	Моль равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов ¹ , сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг

¹ Структурные элементы могут быть атомами, молекулами, ионами, электронами и другими частицами.

¹ Структурные единицы могут быть атомами, молекулами, ионами, электронами и другими частицами.

Дополнительные единицы

Плоский угол	радиан	рад	rad	Радиан равен углу между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу
Телесный угол	стерадиан	ср	sr	Стерадиан равен телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы

Некоторые производные единицы

Производные единицы пространства и времени

Площадь	квадратный метр	м ²	m ²	Квадратный метр равен площади прямоугольника, каждая сторона которого равна 1 м
Объем, вместимость	кубический метр	м ³	m ³	Кубический метр равен объему прямоугольного параллелепипеда, каждое ребро которого равно 1 м
Скорость	метр в секунду	м/с	m/s	Метр в секунду равен скорости прямолинейно и равномерно движущейся материальной точки, при которой эта точка за время 1 с перемещается на расстояние 1 м
Ускорение	метр на секунду в квадрате	м/с ²	m/s ²	Метр на секунду в квадрате равен ускорению прямолинейно и равноускоренно движущейся материальной точки, линейная скорость которой изменяется на 1 м/с в течение 1 с
Угловая скорость	радиан в секунду	рад/с	rad/s	Радиан в секунду равен угловой скорости равномерно вращательного движения точки по окружности, при котором радиус-вектор этой точки описывает в течение 1 с центральный угол, равный 1 рад
Частота	герц	Гц	Hz	Герц равен частоте, при которой в 1 с завершается одно колебание или цикл

Наименование величины	Единица			
	наименование	Обозначение		Определение
		русское	между-народное	
Производные единицы механических величин				
Сила	ньютон	Н	N	Ньютон равен силе, сообщаемой телу с постоянной массой 1 кг ускорение в 1 м/с² в направлении действия силы
Плотность	килограмм на кубический метр	кг/м³	kg/m³	Килограмм на кубический метр равен плотности однородного вещества, масса которого при объеме 1 м³ равна 1 кг
Момент силы	ньютон-метр	Н·м	N·m	Ньютон-метр равен моменту силы, создаваемому силой 1 Н относительно точки, расположенной на расстоянии 1 м от линии действия силы
Давление (механическое напряжение)	паскаль	Па	Pa	Паскаль равен давлению (механическому напряжению), вызываемому силой 1 Н, равномерно распределенной по нормальной к ней поверхности, площадью 1 м²
Работа (энергия)	джоуль	Дж	J	Джоуль равен работе, которую совершает постоянная сила в 1 Н на пути 1 м, пройденном телом под действием этой силы в направлении действия силы
Мощность	ватт	Вт	W	Ватт равен мощности, при которой за 1 с совершается работа 1 Дж
Производные единицы акустических величин				
Звуковая энергия	джоуль	Дж	J	Джоуль равен звуковой энергии, эквивалентной работе 1 Дж
Звуковая мощность	ватт	Вт	W	Ватт равен звуковой мощности, эквивалентной механической мощности 1 Вт

Производные единицы тепловых величин

Количество теплоты	джоуль	Дж	J	Джоуль равен количеству теплоты, эквивалентному работе 1 Дж
Удельное количество теплоты	джоуль на килограмм	Дж/кг	J/kg	Джоуль на килограмм равен удельному количеству теплоты системы, в которой веществу массой 1 кг сообщается (или отбирается от него) количество теплоты 1 Дж
Удельная массовая теплоемкость	джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг·К)	J/(kg·K)	Джоуль на килограмм-кельвин равен удельной теплоемкости вещества, имеющего при массе 1 кг теплоемкость 1 Дж/К
Теплопроводность	ватт на метр-кельвин	Вт/(м·К)	W/(m·K)	Ватт на метр-кельвин равен теплопроводности вещества, в котором при стационарном режиме с поверхностной плотностью теплового потока 1 Вт/м² устанавливается температурный градиент 1 К/м

Производные единицы электрических и магнитных величин

Количество электричества (электрический заряд)	кулон	Кл	C	Кулон равен количеству электричества, протекающему через поперечное сечение проводника при токе силой 1 А за время 1 с
Электрическое напряжение	вольт	В	V	Вольт равен электрическому напряжению на участке электрической цепи, при прохождении 1 Кл электричества и получении работы в 1 Дж
Электрическая емкость	фарада	Ф	F	Фарада равна электрической емкости конденсатора, при которой заряд 1 Кл создает на конденсаторе напряжение 1 В
Электрическое сопротивление	ом	Ом	Ω	Ом равен электрическому сопротивлению участка электрической цепи, при котором постоянный ток силой 1 А вызывает падение напряжения 1 В
Удельное электрическое сопротивление	ом-метр	Ом·м	Ω·m	Ом-метр равен удельному электрическому сопротивлению вещества, при котором участок (выполненный из этого вещества) электрической цепи длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 м² имеет сопротивление 1 Ом
Электрическая проводимость	сименс	См	S	Сименс равен электрической проводимости участка электрической цепи сопротивлением 1 Ом

Наименование величины	Единица			
	наименование	Обозначение		Определение
		русское	между- народное	
Магнитный поток	вебер	Вб	Wb	Вебер равен магнитному потоку, при изменении которого со скоростью в 1 Вб в течение 1 с в цепи индуцируется электродвижущая сила в 1 В
Магнитная индукция	тесла	Т	Тл	Тесла равна магнитной индукции, при которой магнитный поток сквозь поперечное сечение площадью 1 м ² равен 1 Вб
Индуктивность	генри	Г	Н	Генри равен индуктивности электрической цепи, с которой при силе постоянного тока в ней 1 А сцепляется магнитный поток равный 1 Вб
Производные единицы световых величин				
Световой поток	люмен	лм	lm	Люмен равен световому потоку, испускаемому точечным источником в телесном угле 1 ср при силе света 1 кд
Освещенность	люкс	лк	lx	Люкс равен освещенности поверхности площадью 1 м ² при световом потоке падающего на нее излучения, равном 1 лм
Яркость	кандела на квадратный метр	кд/м ²	cd/m ²	Кандела на квадратный метр равна яркости равномерно светящейся плоской поверхности площадью 1 м ² в перпендикулярном к ней направлении при силе света 1 кд
Примечания: 1. Кроме температуры Кельвина (обозначение Т) допускается применять также температуру Цельсия (обозначение t), определяемую выражением $t = T - T_0$, где $T_0 = 273,15$ К по определению. Температура Кельвина выражается в кельвинах; температура Цельсия — в градусах Цельсия (обозначение международное и русское °С). По размеру градус Цельсия равен кельвину. 2. Интервал или разность температур Кельвина выражают в кельвинах. Интервал или разность температур Цельсия допускается выражать как в кельвинах, так и в градусах Цельсия.				

4. Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

Наименование величины	Единица			
	Наименование	Обозначение		Соотношение с единицей СИ
		международное	русское	
Масса	тонна	t	т	10^3 кг
Время *1	минута час сутки	min h d	мин ч сут	60 с 3600 с 86 400 с
Плоский угол	градус минута секунда	...° ...' ..."	...° ...' ..."	$(\pi:180)$ рад = $= 1,745329 \dots \times 10^{-2}$ рад $(\pi:10\ 800)$ рад = $= 2,908882 \dots \times 10^{-4}$ рад $(\pi:648\ 000)$ рад = $= 4,848137 \dots \times 10^{-6}$ рад
Объем, вместимость	литр *2	l	л	10^{-3} м³

*1 Допускается также применять другие единицы времени, получившие широкое распространение, например, неделя, месяц, год и т. д.

*2 Не рекомендуется применять при точных измерениях.

Приведенные единицы времени и плоского угла не допускаются при метлах с приставками.

5. Важнейшие производные единицы СИ для различных областей науки и техники

Величина	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		русское	международное
Площадь	квадратный метр	м²	м²
Объем, вместимость	кубический метр	м³	м³
Частота	герц	Гц	Hz
Частота дискретных событий (частота импульсов, ударов и т. п.)	секунда в минус первой степени	c ⁻¹	s ⁻¹
Частота вращения	секунда в минус первой степени	c ⁻¹	s ⁻¹
Период	секунда	с	s
Скорость	метр в секунду	м/с	м/s
Ускорение	метр на секунду в квадрате	м/с²	м/s²

Продолжение табл. 5

Величина	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		русское	международное
Угловая скорость	радиан в секунду	рад/с	rad/s
Угловое ускорение	радиан на секунду в квадрате	рад/с ²	rad/s ²
Длина волны	метр	м	m
Сила	ньютон	Н	N
Вес	ньютон	Н	N
Плотность	килограмм на кубический метр	кг/м ³	kg/m ³
Удельный объем	кубический метр на килограмм	м ³ /кг	m ³ /kg
Удельный вес	ньютон на кубический метр	Н/м ³	N/m ³
Момент силы, момент пары сил	ньютон-метр	Н·м	N·m
Момент инерции (динамический момент инерции)	килограмм-метр в квадрате	кг·м ²	kg·m ²
Полярный момент инерции площади плоской фигуры	метр в четвертой степени	м ⁴	m ⁴
Момент сопротивления плоской фигуры отрезка	метр в третьей степени	м ³	m ³
Давление	паскаль	Па	Pa
Градиент давления	паскаль на метр	Па/м	Pa/m
Количество движения	килограмм-метр в секунду	кг·м/с	kg·m/s
Момент количества движения	килограмм-метр в квадрате в секунду	кг·м ² /с	kg·m ² /s
Работа, энергия	джоуль	Дж	J
Мощность	ватт	Вт	W
Продольная и поперечная силы в сечении бруса	ньютон	Н	N
Интенсивность распределения нагрузки	ньютон на метр	Н/м	N/m
Напряжение, касательное напряжение	паскаль	Па	Pa
Угловая деформация (деформация сдвига)	радиан	рад	rad
Модуль продольной упругости, модуль упругости при сдвиге	паскаль	Па	Pa
Изгибающий момент, вращающий (крутящий момент)	ньютон-метр	Н·м	N·m
Жесткость:			
при растяжении, сжатии	ньютон на метр	Н/м	N/m
при кручении, изгибе	ньютон-метр на радиан	Н·м/рад	N·m/rad

СВЕДЕНИЯ ИЗ МАТЕМАТИКИ

6. Перевод градусной меры в радианную
(длина дуг окружности радиуса, равного 1)*

Угол	Дуга	Угол	Дуга	Угол	Дуга	Угол	Дуга
1"	0,000005	1'	0,000291	1°	0,017453	20°	0,349066
2"	0,000010	2'	0,000582	2°	0,034907	30°	0,523599
3"	0,000015	3'	0,000873	3°	0,052360	40°	0,698132
4"	0,000019	4'	0,001164	4°	0,069813	50°	0,872665
5"	0,000024	5'	0,001454	5°	0,087266	60°	1,047198
6"	0,000029	6'	0,001745	6°	0,104720	90°	1,570796
7"	0,000034	7'	0,002036	7°	0,122173	180°	3,141593
8"	0,000039	8'	0,002327	8°	0,139626	270°	4,712389
9"	0,000044	9'	0,002618	9°	0,157080	360°	6,283185
10"	0,000049	10'	0,002909	10°	0,174533		

* 1 рад = 57°17'44"; 1° = 0,017453 рад.

7. Квадраты, кубы, корни квадратные и кубические, десятичные
логарифмы, обратные величины, длины окружностей
и площади кругов для чисел (n , d) от 1,0 до 10,0

$n = d$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	$\lg n$	πd	$\frac{\pi d^2}{4}$
1,0	1,00	1,000	1,0000	1,0000	1,00000	0,00000	3,1416	0,78540
1,1	1,21	1,331	1,0488	1,0323	0,90909	0,04139	3,4558	0,95033
1,2	1,44	1,728	1,0954	1,0627	0,83333	0,07918	3,7699	1,13097
1,3	1,69	2,197	1,1402	1,0914	0,76923	0,11394	4,0841	1,32732
1,4	1,96	2,744	1,1832	1,1187	0,71429	0,14613	4,3982	1,53938
1,5	2,25	3,375	1,2247	1,1447	0,66667	0,17609	4,7124	1,76715
1,6	2,56	4,096	1,2649	1,1696	0,62500	0,20412	5,0265	2,01062
1,7	2,89	4,913	1,3038	1,1935	0,58823	0,23045	5,3407	2,26980
1,8	3,24	5,832	1,3416	1,2164	0,55556	0,25527	5,6549	2,54469
1,9	3,61	6,859	1,3784	1,2386	0,52632	0,27875	5,9690	2,83529
2,0	4,00	8,000	1,4142	1,2599	0,50000	0,30103	6,2832	3,14159
3,0	9,00	27,000	1,7321	1,4422	0,33333	0,47712	9,4248	7,06858
4,0	16,00	64,000	2,0000	1,5874	0,25000	0,60206	12,5660	12,56640
5,0	25,00	125,000	2,2361	1,7100	0,20000	0,69897	15,7080	19,63500
6,0	36,00	216,000	2,4495	1,8171	0,16667	0,77815	18,8500	28,27430
7,0	49,00	343,000	2,6458	1,9129	0,14286	0,84510	21,9910	38,48450
8,0	64,00	512,000	2,8284	2,0000	0,12500	0,90309	25,1330	50,26550
9,0	81,00	729,000	3,0000	2,0801	0,11111	0,95424	28,2740	63,61730
10,0	100,00	1000,000	3,1623	2,1544	0,10000	1,00000	31,416	78,53980

8. Квадраты, кубы, корни квадратные и кубические,
натуральные логарифмы и обратные величины чисел от 11 до 100

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$
11	121	1 331	3,3166	2,2240	2,39790	90,9091
12	144	1 728	3,4641	2,2894	2,48491	83,3333
13	169	2 197	3,6056	2,3513	2,56495	76,9231
14	196	2 744	3,7417	2,4101	2,63906	71,4286
15	225	3 375	3,8730	2,4662	2,70805	66,6667
16	256	4 096	4,0000	2,5193	2,77259	62,5000
17	289	4 913	4,1231	2,5713	2,83321	58,8235
18	324	5 832	4,2426	2,6207	2,89037	55,5556
19	361	6 859	4,3589	2,6684	2,94414	52,6316
20	400	8 000	4,4721	2,7114	2,99573	50,0000
21	441	9 261	4,5826	2,7589	3,04452	47,6190
22	484	10 648	4,6904	2,8020	3,09104	45,4545
23	529	12 167	4,7958	2,8439	3,13549	43,4783
24	576	13 824	4,8990	2,8845	3,17805	41,6667
25	625	15 625	5,0000	2,9240	3,21888	40,0000
26	676	17 576	5,0990	2,9625	3,25810	38,4615
27	729	19 683	5,1962	3,0000	3,29584	37,0370
28	784	21 952	5,2915	3,0366	3,33220	35,7143
29	841	24 389	5,3852	3,0723	3,36730	34,4828
30	900	27 000	5,4772	3,1072	3,40120	33,3333
31	961	29 791	5,5678	3,1414	3,43399	32,2581
32	1024	32 768	5,6569	3,1748	3,46574	31,2500
33	1089	35 937	5,7446	3,2075	3,49651	30,3030
34	1156	39 304	5,8310	3,2396	3,52636	29,4118
35	1225	42 875	5,9161	3,2711	3,55535	28,5714
36	1296	46 656	6,0000	3,3019	3,58352	27,7778
37	1369	50 653	6,0828	3,3322	3,61092	27,0270
38	1444	54 872	6,1644	3,3620	3,63759	26,3158
39	1521	59 319	6,2450	3,3912	3,66356	25,6410
40	1600	64 000	6,3246	3,4200	3,68888	25,0000
41	1681	68 921	6,4031	3,4482	3,71357	24,3902
42	1764	74 088	6,4807	3,4760	3,73767	23,8095
43	1849	79 507	6,5574	3,5034	3,76120	23,2558
44	1936	85 184	6,6332	3,5303	3,78419	22,7273
45	2025	91 125	6,7082	3,5569	3,80666	22,2222
46	2116	97 336	6,7823	3,5830	3,82864	21,7534
47	2209	103 823	6,8557	3,6088	3,85015	21,2766
48	2304	110 592	6,9282	3,6342	3,87120	20,8333
49	2401	117 649	7,0000	3,6593	3,89182	20,4082
50	2500	125 000	7,0711	3,6840	3,91202	20,0000
51	2601	132 651	7,1414	3,7084	3,93183	19,6078
52	2704	140 608	7,2111	3,7325	3,95124	19,2308
53	2809	148 877	7,2801	3,7563	3,97029	18,8679
54	2916	157 464	7,3485	3,7798	3,98898	18,5185
55	3025	166 375	7,4162	3,8030	4,00733	18,1818
56	3136	175 616	7,4833	3,8259	4,02535	17,8571
57	3249	185 193	7,5498	3,8485	4,04305	17,5439
58	3364	195 112	7,6158	3,8709	4,06044	17,2414
59	3481	205 379	7,6811	3,8930	4,07754	16,9492
60	3600	216 000	7,7460	3,9149	4,09434	16,6667
61	3721	226 981	7,8102	3,9365	4,11087	16,3934
62	3844	238 328	7,8740	3,9579	4,12713	16,1290
63	3969	250 047	7,9373	3,9791	4,14313	15,8730
64	4096	262 144	8,0000	4,0000	4,15888	15,6250
65	4225	274 625	8,0623	4,0207	4,17439	15,3846
66	4356	287 496	8,1240	4,0412	4,18965	15,1515
67	4489	300 763	8,1854	4,0615	4,20469	14,9254
68	4624	314 432	8,2462	4,0817	4,21951	14,7059
69	4761	328 569	8,3066	4,1015	4,23411	14,4928
70	4900	343 000	8,3666	4,1213	4,24850	14,2857
71	5041	357 911	8,4261	4,1408	4,26268	14,0845

Продолжение табл. 8

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\ln n$	$\frac{1000}{n}$
72	5 184	373 248	8,4853	4,1602	4,27667	13,8889
73	5 329	389 017	8,5440	4,1793	4,29046	13,6986
74	5 476	405 224	8,6023	4,1983	4,30407	13,5135
75	5 625	421 775	8,6603	4,2172	4,31749	13,3333
76	5 776	438 976	8,7178	4,2358	4,33073	13,1579
77	5 929	456 533	8,7750	4,2543	4,34381	12,9870
78	6 084	474 552	8,8318	4,2727	4,35671	12,8205
79	6 241	493 039	8,8882	4,2908	4,36945	12,6582
80	6 400	512 000	8,9443	4,3089	4,38203	12,5000
81	6 561	531 441	9,0000	4,3267	4,39445	12,3457
82	6 724	551 368	9,0554	4,3445	4,40672	12,1951
83	6 889	571 787	9,1104	4,3621	4,41884	12,0482
84	7 056	592 704	9,1652	4,3795	4,43082	11,9048
85	7 225	614 125	9,2195	4,3968	4,44265	11,7647
86	7 396	636 056	9,2736	4,4140	4,45435	11,6279
87	7 569	658 503	9,3274	4,4310	4,46591	11,4943
88	7 744	681 472	9,3808	4,4480	4,47734	11,3636
89	7 921	704 969	9,4340	4,4647	4,48864	11,2360
90	8 100	729 000	9,4868	4,4814	4,49981	11,1111
91	8 281	753 571	9,5394	4,4979	4,51086	10,9890
92	8 464	778 688	9,5917	4,5144	4,52179	10,8696
93	8 649	804 357	9,6437	4,5307	4,53260	10,7527
94	8 836	830 584	9,6954	4,5468	4,54329	10,6383
95	9 025	857 375	9,7468	4,5629	4,55388	10,5263
96	9 216	884 736	9,7980	4,5789	4,56435	10,4167
97	9 409	912 673	9,8489	4,5947	4,57471	10,3093
98	9 604	941 192	9,8995	4,6104	4,58497	10,2041
99	9 801	970 229	9,9499	4,6261	4,59512	10,1010
100	10 000	1 000 000	10,0000	4,6416	4,60517	10,0000

9. Корни из чисел меньше единицы

n	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
0,01	0,1000	0,2154	1/4	0,5000	0,6300
0,02	0,1414	0,2714	3/4	0,8660	0,9086
0,03	0,1732	0,3167	1/6	0,4083	0,5503
0,04	0,2000	0,3420	5/6	0,9129	0,9410
0,05	0,2236	0,3684	1/7	0,3780	0,5228
0,06	0,2449	0,3915	2/7	0,5345	0,6586
0,07	0,2646	0,4121	3/7	0,6547	0,7540
0,08	0,2828	0,4309	4/7	0,7559	0,8298
0,09	0,3000	0,4481	5/7	0,8452	0,8939
0,1	0,3162	0,4642	6/7	0,9258	0,9499
0,2	0,4472	0,5848	1/8	0,3536	0,5000
0,25	0,5000	0,6300	3/8	0,6124	0,7211
0,3	0,5477	0,6694	5/8	0,7906	0,8550
0,4	0,6325	0,7368	7/8	0,9354	0,9565
0,5	0,7071	0,7937	1/9	0,3333	0,4808
0,6	0,7746	0,8434	2/9	0,4714	0,6057
0,7	0,8367	0,8879	4/9	0,6667	0,7631
0,75	0,8660	0,9086	5/9	0,7454	0,8221
0,8	0,8944	0,9283	7/9	0,8819	0,9196
0,9	0,9787	0,9655	1/12	0,2887	0,4368
1/3	0,5774	0,6934	5/12	0,6455	0,7469
2/3	0,8165	0,8736	7/12	0,7638	0,8356

Логарифмы. Логарифмом числа N при основании a называется показатель степени n , в которую нужно возвести a , чтобы получить N , т. е. $a^n = N$, откуда $n = \log_a N$ или $a^{\log_a N} = N$ (a — постоянное положительное число, не равное единице).

Основные свойства логарифмов при одном и том же основании приведены в табл. 10, а некоторые постоянные и их десятичные логарифмы — в табл. 11.

Употребительные системы логарифмов: десятичные (обыкновенные) логарифмы обозначаются $\lg$ (основание десятичных логарифмов $a = 10$); натуральные логарифмы обозначаются $\ln$ (основание натуральных логарифмов $a = e = 2,71828\dots$). Значения натуральных и десятичных логарифмов приведены в табл. 12 и 13. Натуральные логарифмы переводятся в десятичные по формуле $\lg N = 0,43429 \ln N$; а десятичные в натуральные — по формуле $\ln N = 2,30259 \lg N$.

10. Основные свойства логарифмов при одном и том же основании

$$a \neq 1$$

Свойство	Формула
При любом основании логарифм единицы равен нулю	$\log_a 1 = 0$
Логарифм самого основания равен единице	$\log_a a = 1$
Логарифм нуля равен бесконечности	$\log_a 0 = \begin{cases} -\infty & \text{при } a > 1 \\ +\infty & \text{при } a < 1 \end{cases}$
Логарифм произведения равен сумме логарифмов сомножителей	$\log_a (bc) = \log_a b + \log_a c$
Логарифм частного (дроби) равен разности логарифмов делимого (числителя) и делителя (знаменателя)	$\log_a \frac{b}{c} = \log_a b - \log_a c$
Логарифм степени равен произведению показателя степени на логарифм ее основания	$\log_a b^m = m \cdot \log_a b$
Логарифм корня равен частному от деления логарифма подкоренного выражения на показатель корня	$\log_a \sqrt[m]{b} = \frac{\log_a b}{m}$

11. Некоторые постоянные и их десятичные логарифмы

Величина	π	$\lg \pi$	Величина	n	$\lg n$
π	3,1416	0,4971	$\sqrt[3]{\pi}$	1,4646	0,1657
2π	6,2832	0,7982	$\sqrt[3]{4\pi : 3}$	1,6120	0,2074
3π	9,4248	0,9743	$\sqrt[3]{3 : 4\pi}$	0,6203	1,7926
4π	12,5664	1,0992	$1 : \pi^2$	0,1013	1,0057
6π	18,8496	1,2753	$1 : \sqrt{\pi}$	0,5642	1,7513
$4\pi : 3$	4,1888	0,6221	$\sqrt{2\pi}$	2,5066	0,3991
$\pi : 2$	1,5708	0,1961	$\sqrt{\pi : 2}$	1,2533	0,0981
$\pi : 3$	1,0472	0,0200	$\sqrt{2 : \pi}$	0,7979	1,9019
$\pi : 4$	0,7854	1,8951	e	2,7183	0,4343
$\pi : 6$	0,5236	1,7190	e^2	7,3891	0,8686
$\pi : 180$	0,0175	2,2419	e^3	20,0855	1,3029
$\pi : 10\ 800$	0,0003	4,4637	$1 : e$	0,3679	1,5657
$\pi : 648\ 000$	0,000005	6,6856	$1 : e^2$	0,1353	1,1314
$2 : \pi$	0,6366	1,8039	$\sqrt{e}$	1,6487	0,2171
$180 : \pi$	57,2958	1,7581	$\sqrt[3]{e}$	1,3956	0,1448
$1 : \pi$	0,3183	1,5028	g	9,81	0,9917
$1 : 2\pi$	0,1592	1,2018	g^2	96,2361	1,9833
$1 : 3\pi$	0,1061	1,0257	$\sqrt{g}$	3,1321	0,4958
$1 : 4\pi$	0,0796	2,9008	$1 : g$	0,1019	1,0083
π^2	9,8696	0,9943	$1 : g^2$	0,0104	2,0167
$2\pi^2$	19,7392	1,2953	$1 : \sqrt{g}$	0,3193	1,5042
$\sqrt{\pi}$	1,7725	0,2486	$\pi \sqrt{g}$	9,8398	0,9930
$\sqrt{1 : \pi}$	0,5642	1,7513			
$\sqrt{1 : 2\pi}$	0,3989	1,6009			

12. Десятичные логарифмы *1

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0331	0374
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298

Продолжение табл. 12

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428
35	5441	5441	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489

Продолжение табл. 12

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996

*1 Таблица предназначена для нахождения десятичных логарифмов чисел. В соответствии с правилами логарифмирования для числа определяют характеристику логарифма (см. стр. 23), а мантиссу берут из таблицы.

Для трехзначного числа мантиссу находят на пересечении строки, в которой (графа N) находятся две первые цифры числа, и графы третьей цифры числа; например, мантиссу числа 395 находят на пересечении строки 39 и графы 5 — 5966.

Мантиссы одно- и двухзначных чисел находят на пересечении строки, в которой находится двухзначное число или увеличенное в 10 раз однозначное число, и графы 0; так, для чисел 600, 60 и 6 мантисса равна 7782.

13. Антилогарифмы *1

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021
01	1023	1026	1028	1030	1033	1035	1038	1040	1042	1045
02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1062	1064	1067	1069
03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1086	1089	1091	1094
04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119
05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146
06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172
07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199
08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227
09	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1256
10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285
11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315
12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346
13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377
14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409
15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442
16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476
17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510
18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545
19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581
20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618
21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656
22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694
23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734
24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774
25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816

Продолжение табл. 13

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858
27	1862	1864	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901
28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945
29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991
30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037
31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084
32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133
33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183
34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234
35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286
36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339
37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393
38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449
39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506
40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564
41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624
42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685
43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748
44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812
45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877
46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944
47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013
48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083
49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155
50	3162	3170	3177	3184	3192	3199	3206	3214	3221	3228
51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304
52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381
53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3443	3451	3459
54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540
55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622
56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707
57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793
58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882
59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972
60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064
61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159
62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	4256
63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355
64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457
65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560
66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667
67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775
68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887
69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000
70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117
71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236
72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	5333	5346	5358
73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483
74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610
75	5623	5636	5649	5662	5675	5689	5702	5715	5728	5741
76	5754	5768	5781	5794	5808	5821	5834	5848	5861	5875
77	5888	5902	5916	5929	5943	5957	5970	5984	5998	6012
78	6026	6039	6053	6067	6081	6095	6109	6124	6138	6152
79	6166	6180	6194	6209	6223	6237	6252	6266	6281	6295
80	6310	6324	6339	6353	6368	6383	6397	6412	6427	6442
81	6457	6471	6486	6501	6516	6531	6546	6561	6577	6592
82	6607	6622	6637	6653	6668	6683	6699	6714	6730	6745
83	6761	6776	6792	6808	6823	6839	6855	6871	6887	6902
84	6918	6934	6950	6966	6982	6998	7015	7031	7047	7063
85	7079	7096	7112	7129	7145	7161	7178	7194	7211	7228
86	7244	7261	7278	7295	7311	7328	7345	7362	7379	7396
87	7413	7430	7447	7464	7482	7499	7516	7534	7551	7568

Продолжение табл. 13

<i>N</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
88	7586	7603	7621	7638	7656	7674	7691	7709	7727	7745
89	7762	7780	7798	7816	7834	7852	7870	7889	7907	7925
90	7943	7962	7980	7998	8017	8035	8054	8072	8091	8110
91	8128	8147	8166	8185	8204	8222	8241	8260	8279	8299
92	8318	8337	8356	8375	8395	8414	8433	8453	8472	8492
93	8511	8531	8551	8570	8590	8610	8630	8650	8670	8690
94	8710	8730	8750	8770	8790	8810	8831	8851	8872	8892
95	8913	8933	8954	8974	8995	9016	9036	9057	9078	9099
96	9120	9141	9162	9183	9204	9226	9247	9268	9290	9311
97	9333	9354	9376	9397	9419	9441	9462	9484	9506	9528
98	9550	9572	9594	9616	9638	9661	9683	9705	9727	9750
99	9772	9795	9817	9840	9863	9886	9908	9931	9954	9977

*1 Антилогарифмы служат для нахождения числа по его десятичному логарифму. Цифровой состав числа находят по мантиссе на пересечении строки, определяемой двумя первыми цифрами мантиссы (графа *N*), и графы третьей цифры числа. Положение запятой в полученном числе определяется характеристикой логарифма (см. стр. 23).

Примеры: $\lg x = 1,364$; $x = 2,312$

$\lg x = 2,364$; $x = 0,02312$

Свойства десятичных логарифмов. Десятичные логарифмы записывают в виде десятичной дроби с точностью до определенного десятичного знака. Целая часть дроби называется *характеристикой логарифма*, а дробная — *мантиссой*; например, $\lg 148 = 2,17036$ — характеристика 2, мантисса 0,17036.

Характеристику определяют следующим образом:

1. Если логарифмируемое число больше единицы, то характеристика его десятичного логарифма на единицу меньше числа его цифр, стоящих перед запятой, например $\lg 5,666 = 0, \dots$; $\lg 96,459 = 1, \dots$; $\lg 5432,56 = 3, \dots$

2. Если логарифмируемое число меньше единицы, то характеристика по абсолютной величине на единицу больше числа нулей после запятой (т. е. равна общему числу нулей; при этом мантисса остается положительной); например $\lg 0,456 = \bar{1}, \dots$; $\lg 0,000127 = \bar{4}, \dots$; $\lg = 0,00002 = \bar{5}, \dots$

Мантиссу логарифма находят по табл. 12. При умножении (или делении) числа на 10, 100, 1000... (т. е. на единицу с последующими нулями) положительная мантисса не изменяется, а характеристика увеличивается (или уменьшается) на столько единиц, сколько нулей во множителе (или делителе), например $\lg 148 = 2,1703$; $\lg 14\ 800 = 4,1703$; $\lg 0,00148 = \bar{3},1703$.

У логарифмов чисел, меньших единицы, над характеристикой ставится знак $\bar{}$, так как мантисса остается положительной. Чтобы преобразовать логарифм с положительной мантиссой в логарифм с отрицательной мантиссой, надо к характеристике прибавить $+1$, а мантиссу вычесть из 1, например $\bar{2},6219 = (-2+1) + (1-0,6219) = \bar{1},3781$.

Чтобы преобразовать логарифм с отрицательной мантиссой в логарифм с положительной мантиссой, надо к характеристике прибавить -1 , а мантиссу прибавить к 1, например $\bar{1},3781 = (-1+1) + (1-0,3781) = 0,6219$.

вить -1 , а к мантиссе прибавить $+1$, например $-1,3781 = (-1 - 1) + (-0,3781 + 1) = \bar{2},6219$.

Пропорции. Пропорцией называют равенство двух отношений $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ или $a:b=c:d$; a и d — называют крайними членами пропорции, а b и c — средними членами.

Основное свойство пропорции: произведение крайних членов пропорции равно произведению средних ее членов, т. е. $ad=bc$ для пропорции $a:b=c:d$.

Вычисление неизвестных членов пропорции:

а) неизвестный крайний член пропорции равен произведению средних членов, деленному на известный крайний, т. е. если $x:a=b:c$,

$$\text{то } x = \frac{ab}{c};$$

б) неизвестный средний член пропорции равен произведению крайних членов, деленному на известный средний, т. е. если $a:x=b:c$,

$$\text{то } x = \frac{ac}{b}.$$

Перестановка членов пропорции. Пропорция не нарушится (основное свойство пропорции $ad=bc$ будет выполняться) при следующих перестановках членов пропорции:

$$a:b=c:d; \quad a:c=b:d; \quad c:d=a:b;$$

$$d:b=c:a; \quad d:c=b:a; \quad b:d=a:c;$$

$$c:a=d:b; \quad b:a=d:c.$$

Проценты. Процентом какого-либо числа называют сотую часть этого числа и обозначают знаком $\%$, например $\frac{5}{100} A = 0,05 A = 5\% A$ есть 5 процентов величины A . Тысячную долю числа называют *промилле* и обозначают ‰ , например $0,025 = 2,5\text{‰} = 25\text{‰}$.

Нахождение процентов данного числа. Чтобы найти p процентов данного числа A , достаточно число A разделить на 100 и умножить на число процентов p , т. е. $p\%$ числа A равны $\frac{A \cdot p}{100}$.

Нахождение числа по данной величине его процента. Чтобы найти число A , $p\%$ которого равны a , нужно величину a разделить на p и умножить на 100, т. е. если $p\%$ числа A равны a , то число $A = \frac{a \cdot 100}{p}$.

Нахождение процентного отношения двух чисел. Чтобы вычислить процентное отношение числа a к числу b , нужно a разделить на b и умножить на 100, т. е. процентное отношение числа a к числу b равно $\frac{a \cdot 100}{b} \%$.

Начисление простых и сложных процентов. При начислении простых процентов, т. е. когда проценты каждый год начисляются от начальной суммы, начальная сумма K при процентной таксе $p\%$ через t лет обращается в сумму K_t , вычисляемую по формуле

$$K_t = K \left(1 + \frac{p}{100} t \right).$$

Например, при процентной таксе, равной 3 %, начальная сумма в 1000 р. через 5 лет превращается в $1000 \left(1 + \frac{3}{100} \cdot 5\right) = 1150$ р.

При начислении сложных процентов (когда проценты начисляются не от начальной суммы, а от суммы с начисленными за предыдущие годы процентами) один раз в год начальная сумма K при процентной таксе p % через t лет обращается в сумму

$$K_t = K \left(1 + \frac{p}{100}\right)^t \quad \text{или} \quad K_t = Kq^t, \quad \text{где} \quad q = 1 + \frac{p}{100}.$$

Так, начальная сумма в 1000 р. при 3 %-ной таксе за 5 лет при начислении сложных процентов обратится в $K_t = 1000 \cdot 1,03^5 = 1159$ р. 27 к.

Прогрессии. *Арифметическая прогрессия* — это такая последовательность чисел или членов прогрессии $a_1, a_2 \dots a_n$, в которой каждое последующее число отличается от предыдущего на некоторое постоянное число r , называемое *разностью* прогрессии. Если $r > 0$, то прогрессия называется *возрастающей*, если $r < 0$ — *убывающей*.

Пример. 1, 4, 7, 10, 13, ... — $r = 3$; 15, 13, 11, 9, 7, ... — $r = -2$.

Любой член арифметической прогрессии a_n и сумму S_n первых членов прогрессии вычисляют по формулам

$$a_n = a_1 + (n-1)r; \quad S_n = \frac{n(a_1 + a_n)}{2}.$$

Геометрическая прогрессия — это такая последовательность чисел или членов прогрессии $b_1, b_2 \dots b_n$, в которой каждое последующее число получается из предыдущего умножением его на определенное число q , называемое *знаменателем* прогрессии. Если $q > 1$, то прогрессия называется *возрастающей*, а если $q < 1$ — *убывающей*.

Пример. 3, 6, 12, 24, 48, ... — $q = 2$; 64, 32, 16, 8, ... — $q = 0,5$

Основные правила алгебраических преобразований

1. $(-a) \cdot (-b) = +ab$; $(-a) \cdot (+b) = -ab$;
2. $(+a) : (+b) = +\frac{a}{b}$; $(-a) : (-b) = +\frac{a}{b}$; $(+a) : (-b) = -\frac{a}{b}$;
3. $(a+b)(a-b) = a^2 - b^2$;
4. $(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2$; $(a \pm b)^3 = a^3 \pm 3a^2b + 3ab^2 \pm b^3$;
5. $a^3 \pm b^3 = (a \pm b)(a^2 \mp ab + b^2)$;
6. $(a \cdot b \cdot c \dots)^n = a^n \cdot b^n \cdot c^n \dots$; $\left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n}$;
7. $a^n \cdot b^n = (a \cdot b)^n$; $a^m \cdot a^n = a^{m+n}$; $a^m : a^n = a^{m-n}$;
8. $1^n = 1$; $0^n = 0$; $a^0 = 1$; $a^{-n} = \frac{1}{a^n}$; $(a^m)^n = a^{m \cdot n}$;
9. $\sqrt[n]{a} = a^{\frac{1}{n}}$; $\sqrt[n]{a^n} = a$; $\sqrt[n]{ab} = \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b}$;

$$10. \sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}; \sqrt[n]{\sqrt[m]{a}} = \sqrt[nm]{a}; \frac{m}{n}\sqrt[n]{a} = a^{\frac{n}{m}};$$

$$11. \sqrt[n]{\sqrt[n]{a}} = \frac{1}{\sqrt[n]{a}}; a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m};$$

$$12. \sqrt{(a+b)^2} = \pm (a+b).$$

Тригонометрические функции. Основные тригонометрические функции углов прямоугольного треугольника выражаются соответствующими соотношениями его сторон (рис. 1):

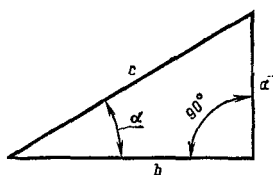


Рис. 1.

синус $\left(\sin \alpha = \frac{a}{c}\right)$ — отношение катета, противолежащего данному углу, к гипотенузе;

косинус $\left(\cos \alpha = \frac{b}{c}\right)$ — отношение прилежащего катета к гипотенузе;

тангенс $\left(\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}\right)$ — отношение противолежащего катета к прилежащему;

котангенс $\left(\operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a}\right)$ — отношение прилежащего катета к противолежащему.

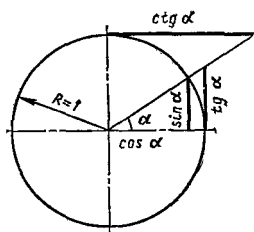


Рис. 2.

Графически тригонометрические функции можно представить в виде отрезков (рис. 2), построенных на окружности, радиус которой равен 1.

Знак функции зависит от величины угла (табл. 14). Функции углов, больших 90° , могут быть приведены к функциям углов прямоугольного треугольника (меньших 90°).

Значения тригонометрических функций углов от 0 до 90° с интервалом в 1° даны в табл. 15, а для углов от 0 до 1° и от 89 до 90° с интервалом через $1'$ даны в табл. 16.

14. Знаки функций и формулы приведения

Функция	Угол φ							
	$0-90^\circ$	$90-180^\circ$	$180-270^\circ$	$270-360^\circ$	$360^\circ \pm \alpha$	$90^\circ \pm \alpha$	$180^\circ \pm \alpha$	$270^\circ \pm \alpha$
$\sin \varphi$	+	+	-	-	$\pm \sin \alpha$	$+\cos \alpha$	$\mp \sin \alpha$	$-\cos \alpha$
$\cos \varphi$	+	-	-	+	$-\cos \alpha$	$\pm \sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$\mp \sin \alpha$
$\operatorname{tg} \varphi$	+	-	+	-	$\pm \operatorname{tg} \alpha$	$\mp \operatorname{ctg} \alpha$	$\pm \operatorname{tg} \alpha$	$\mp \operatorname{ctg} \alpha$
$\operatorname{ctg} \varphi$	+	-	+	-	$\pm \operatorname{ctg} \alpha$	$\mp \operatorname{tg} \alpha$	$\pm \operatorname{ctg} \alpha$	$\mp \operatorname{tg} \alpha$

15. Значения тригонометрических функций (через 1°)

α°	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$	α°
0	0,0000	1,0000	0,0000	$\pm \infty$	0
1	0,0175	0,9998	0,0175	57,290	1
2	0,0349	0,9994	0,0349	28,636	2
3	0,0523	0,9986	0,0524	19,081	3
4	0,0698	0,9976	0,0699	14,301	4
5	0,0872	0,9962	0,0875	11,430	5
6	0,1045	0,9945	0,1051	9,514	6
7	0,1219	0,9925	0,1228	8,144	7
8	0,1392	0,9903	0,1405	7,115	8
9	0,1564	0,9877	0,1584	6,314	9
10	0,1736	0,9848	0,1763	5,671	10
11	0,1908	0,9816	0,1944	5,145	11
12	0,2079	0,9781	0,2126	4,705	12
13	0,2250	0,9744	0,2309	4,331	13
14	0,2419	0,9703	0,2493	4,011	14
15	0,2588	0,9659	0,2679	3,732	15
16	0,2756	0,9613	0,2867	3,487	16
17	0,2924	0,9563	0,3057	3,271	17
18	0,3090	0,9511	0,3249	3,078	18
19	0,3256	0,9455	0,3443	2,904	19
20	0,3420	0,9397	0,3640	2,747	20
21	0,3584	0,9336	0,3839	2,605	21
22	0,3746	0,9272	0,4040	2,475	22
23	0,3907	0,9205	0,4245	2,356	23
24	0,4067	0,9135	0,4452	2,246	24
25	0,4226	0,9063	0,4663	2,145	25
26	0,4384	0,8988	0,4877	2,050	26
27	0,4540	0,8910	0,5095	1,963	27
28	0,4695	0,8829	0,5317	1,881	28

Продолжение табл. 15

α°	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{cig} \alpha$	α°
29	0,4848	0,8746	0,5543	1,804	29
30	0,5000	0,8660	0,5774	1,732	30
31	0,5150	0,8572	0,6009	1,664	31
32	0,5299	0,8480	0,6249	1,600	32
33	0,5446	0,8387	0,6494	1,540	33
34	0,5592	0,8290	0,6745	1,483	34
35	0,5736	0,8192	0,7002	1,428	35
36	0,5878	0,8090	0,7265	1,376	36
37	0,6018	0,7986	0,7536	1,327	37
38	0,6157	0,7880	0,7813	1,280	38
39	0,6293	0,7771	0,8098	1,235	39
40	0,6428	0,7660	0,8391	1,192	40
41	0,6561	0,7547	0,8693	1,150	41
42	0,6691	0,7431	0,9004	1,111	42
43	0,6820	0,7314	0,9325	1,072	43
44	0,6947	0,7193	0,9657	1,036	44
45	0,7071	0,7071	1,0000	1,0000	45
46	0,7193	0,6947	1,036	0,9657	46
47	0,7314	0,6820	1,072	0,9325	47
48	0,7431	0,6691	1,111	0,9004	48
49	0,7547	0,6561	1,150	0,8693	49
50	0,7660	0,6428	1,192	0,8391	50
51	0,7771	0,6293	1,235	0,8098	51
52	0,7880	0,6157	1,280	0,7815	52
53	0,7986	0,6018	1,327	0,7536	53
54	0,8090	0,5878	1,376	0,7265	54
55	0,8192	0,5736	1,428	0,7002	55
56	0,8290	0,5592	1,483	0,6745	56
57	0,8387	0,5446	1,540	0,6494	57
58	0,8480	0,5299	1,600	0,6249	58
59	0,8572	0,5150	1,664	0,6009	59
60	0,8660	0,5000	1,732	0,5774	60
61	0,8745	0,4848	1,804	0,5543	61
62	0,8829	0,4695	1,881	0,5317	62
63	0,8910	0,4540	1,963	0,5059	63
64	0,8988	0,4384	2,050	0,4877	64
65	0,9063	0,4226	2,145	0,4663	65
66	0,9135	0,4067	2,246	0,4452	66
67	0,9205	0,3907	2,356	0,4245	67
68	0,9272	0,3746	2,475	0,4040	68
69	0,9336	0,3584	2,605	0,3839	69
70	0,9397	0,3420	2,747	0,3640	70
71	0,9455	0,3256	2,904	0,3443	71
72	0,9511	0,3090	3,078	0,3249	72
73	0,9563	0,2924	3,271	0,3057	73
74	0,9613	0,2756	3,487	0,2867	74
75	0,9659	0,2588	3,732	0,2679	75
76	0,9703	0,2419	4,011	0,2493	76
77	0,9744	0,2250	4,331	0,2309	77
78	0,9781	0,2079	4,705	0,2126	78
79	0,9816	0,1908	5,145	0,1944	79
80	0,9848	0,1736	5,671	0,1763	80
81	0,9877	0,1564	6,314	0,1584	81
82	0,9903	0,1392	7,115	0,1405	82
83	0,9925	0,1219	8,144	0,1228	83
84	0,9945	0,1045	9,514	0,1051	84
85	0,9962	0,0872	11,430	0,0815	85
86	0,9976	0,0698	14,301	0,0699	86
87	0,9986	0,0523	19,081	0,0524	87
88	0,9994	0,0349	28,636	0,0349	88
89	0,9998	0,0175	57,290	0,0175	89
90	1,0000	0,0000	$\pm \infty$	0,0000	90

16. Значения тригонометрических функций (через 1') sin и tg от 0 до 1°, cos и ctg от 89 до 90°

'	sin	tg	—	'	sin	tg	—
0	0,00000	0,00000	90° 0	30	0,00873	0,00873	89° 30
1	0,00029	0,00029	59	31	0,00902	0,00902	29
2	0,00058	0,00058	58	32	0,00931	0,00931	28
3	0,00087	0,00087	57	33	0,00960	0,00960	27
4	0,00116	0,00116	56	34	0,00989	0,00989	26
5	0,00145	0,00145	55	35	0,01018	0,01018	25
6	0,00175	0,00175	54	36	0,01047	0,01047	24
7	0,00204	0,00204	53	37	0,01076	0,01076	23
8	0,00233	0,00233	52	38	0,01105	0,01105	22
9	0,00262	0,00262	51	39	0,01134	0,01134	21
10	0,00291	0,00291	50	40	0,01164	0,01164	20
11	0,00320	0,00320	49	41	0,01193	0,01193	19
12	0,00349	0,00349	48	42	0,01222	0,01222	18
13	0,00378	0,00378	47	43	0,01251	0,01251	17
14	0,00407	0,00407	46	44	0,01280	0,01280	16
15	0,00436	0,00436	45	45	0,01309	0,01309	15
16	0,00465	0,00465	44	46	0,01338	0,01338	14
17	0,00495	0,00495	43	47	0,01367	0,01367	13
18	0,00524	0,00524	42	48	0,01396	0,01396	12
19	0,00553	0,00553	41	49	0,01425	0,01425	11
20	0,00582	0,00582	40	50	0,01454	0,01455	10
21	0,00611	0,00611	39	51	0,01483	0,01484	9
22	0,00640	0,00640	38	52	0,01513	0,01513	8
23	0,00669	0,00669	37	53	0,01542	0,01542	7
24	0,00698	0,00698	36	54	0,01571	0,01571	6
25	0,00727	0,00727	35	55	0,01600	0,01600	5
26	0,00756	0,00756	34	56	0,01629	0,01629	4
27	0,00785	0,00785	33	57	0,01658	0,01658	3
28	0,00814	0,00815	32	58	0,01687	0,01687	2
29	0,00844	0,00844	31	59	0,01716	0,01716	1
30	0,00873	0,00873	89° 30	60	0,01745	0,01746	89° 0
—	cos	ctg	0'	—	cos	ctg	0'

Основные формулы тригонометрии. Функции одного угла *1:

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1; \quad \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{ctg} \alpha};$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}};$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{\operatorname{ctg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha} = \frac{1}{\operatorname{ctg} \alpha}.$$

Функции двойных, тройных и половинных углов:

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha};$$

*1 Перед знаком радикала должен быть поставлен знак «плюс» или «минус» в зависимости от того, в какой четверти находится угол (табл. 14).

$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 1 - 2 \sin^2 \alpha = 2 \cos^2 \alpha - 1 = \frac{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha} = \frac{2}{\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha}$$

$$\operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha - 1}{2 \operatorname{ctg} \alpha} = \frac{\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha}{2};$$

$$\sin 3\alpha = 3 \sin \alpha - 4 \sin^3 \alpha; \quad \cos 3\alpha = 4 \cos^3 \alpha - 3 \cos \alpha;$$

$$\operatorname{tg} 3\alpha = \frac{3 \operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg}^3 \alpha}{1 - 3 \operatorname{tg}^2 \alpha}; \quad \operatorname{ctg} 3\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^3 \alpha - 3 \operatorname{ctg} \alpha}{3 \operatorname{ctg}^2 \alpha - 1};$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}} = \frac{\sqrt{1 + \sin \alpha} - \sqrt{1 - \sin \alpha}}{2};$$

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}} = \frac{\sqrt{1 + \sin \alpha} + \sqrt{1 - \sin \alpha}}{2};$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\sin \alpha}{1 + \cos \alpha} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{1 + \cos \alpha}};$$

$$\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha} = \frac{1 + \cos \alpha}{\sin \alpha} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}}.$$

Суммы и разности функций одного угла:

$$\sin \alpha + \cos \alpha = \sqrt{1 + \sin \alpha} = \sqrt{2} \sin (45^\circ + \alpha) = \sqrt{2} \cos (45^\circ - \alpha);$$

$$\sin \alpha - \cos \alpha = -\sqrt{1 - \sin 2\alpha};$$

$$\cos \alpha - \sin \alpha = \sqrt{1 - \sin 2\alpha} = \sqrt{2} \sin (45^\circ - \alpha) = \sqrt{2} \cos (45^\circ + \alpha);$$

$$\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} \alpha = \frac{2}{\sin 2\alpha}; \quad \operatorname{tg} \alpha - \operatorname{ctg} \alpha = -2 \operatorname{ctg} 2\alpha;$$

$$\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha = 2 \operatorname{ctg} 2\alpha.$$

Степени функций одного угла:

$$\sin^2 \alpha = \frac{1 - \cos 2\alpha}{2}; \quad \cos^2 \alpha = \frac{1 + \cos 2\alpha}{2};$$

$$\sin^3 \alpha = \frac{3 \sin \alpha - \sin 3\alpha}{4}; \quad \cos^3 \alpha = \frac{3 \cos \alpha + \cos 3\alpha}{4};$$

$$\sin^4 \alpha = \frac{\cos 4\alpha - 4 \cos 2\alpha + 3}{8};$$

$$\cos^4 \alpha = \frac{\cos 4\alpha + 4 \cos 2\alpha + 3}{8};$$

$$\operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1 = \frac{1 - \cos 2\alpha}{1 + \cos 2\alpha}; \quad \operatorname{ctg}^2 \alpha = \frac{1}{\sin^2 \alpha} - 1.$$

Функции суммы и разности двух углов:

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta;$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta;$$

$$\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta}{1 \mp \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta}; \quad \operatorname{ctg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta \mp 1}{\operatorname{ctg} \beta \pm \operatorname{ctg} \alpha}.$$

Суммы и разности функций двух углов:

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2};$$

$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2};$$

$$\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2};$$

$$\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2};$$

$$\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\cos \alpha \cos \beta}; \quad \operatorname{ctg} \alpha \pm \operatorname{ctg} \beta = \frac{\sin(\beta \pm \alpha)}{\sin \alpha \sin \beta}.$$

Произведение функций двух углов:

$$\sin \alpha \sin \beta = \frac{\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)}{2};$$

$$\cos \alpha \cos \beta = \frac{\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)}{2};$$

$$\cos \alpha \sin \beta = \frac{\sin(\alpha + \beta) - \sin(\alpha - \beta)}{2};$$

$$\operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}; \quad \operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta = \frac{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta};$$

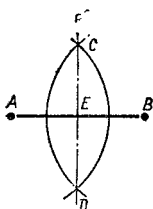
$$\operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \beta = \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}{\operatorname{tg} \beta + \operatorname{ctg} \alpha}.$$

Разность квадратов функций двух углов:

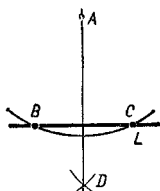
$$\sin^2 \alpha - \sin^2 \beta = \cos^2 \beta - \cos^2 \alpha = \sin(\alpha + \beta) \sin(\alpha - \beta);$$

$$\cos^2 \alpha - \sin^2 \beta = \cos^2 \beta - \sin^2 \alpha = \cos(\alpha + \beta) \cos(\alpha - \beta).$$

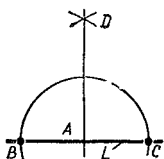
17 Простейшие геометрические построения

1. Провести перпендикуляр через середину отрезка AB

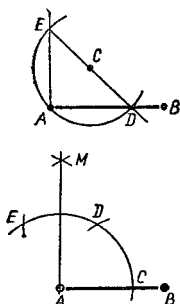
Из точек A и B , как из центров, радиусом большим половины отрезка AB провести две дуги до взаимного пересечения в точках C и D . Прямая CED будет перпендикулярна отрезку AB в его средней точке E .

2. Из точки A опустить перпендикуляр на прямую L

Из точки A , как из центра, провести дугу, пересекающую прямую L . Из точек пересечения B и C провести дуги до взаимного пересечения в точке D ; прямая AD — искомый перпендикуляр.

3. Провести перпендикуляр к прямой L в точке A

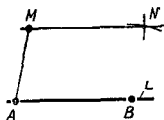
Из точки A , как из центра, провести произвольным радиусом дугу до пересечения с прямой в точках B и C . Из точек B и C провести дуги до взаимного пересечения в точке D ; прямая AD — искомый перпендикуляр.

4. Провести перпендикуляр к отрезку AB в точке A

Первый способ. Из произвольной точки C , как из центра, провести дугу радиусом AC до пересечения с отрезком AB в точке D . Через точки D и C провести прямую до пересечения с дугой в точке E ; EA — искомый перпендикуляр.

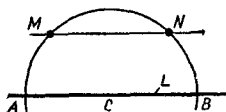
Второй способ. Из точки A произвольным радиусом провести дугу до пересечения с отрезком AB в точке C . Тем же радиусом из точки C на дуге отметить точку D , а затем из точки D — точку E . Из точек D и E провести дуги до взаимного пересечения в точке M ; AM — искомый перпендикуляр.

Продолжение табл. 17



5. Через точку M провести прямую, параллельную прямой L

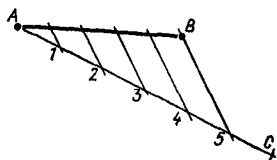
Первый способ. На прямой L отложить произвольный отрезок AB . Из точки B провести дугу радиусом AM , а из точки M — дугу радиусом AB до взаимного пересечения в точке N ; прямая MN — искомая прямая, параллельная прямой L



Второй способ. Из произвольной точки C провести полуокружность радиусом CM , на которой радиусом AM из точки B отметить точку N ; MN — искомая прямая, параллельная прямой L

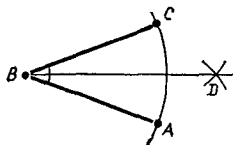
6. Провести прямую, параллельную данной прямой на заданном расстоянии

Из произвольной точки заданной прямой провести перпендикулярную ей прямую (см. п. 1—4), отложить на перпендикуляре заданное от прямой расстояние и через полученную точку провести прямую, параллельную данной прямой (см. п. 5)



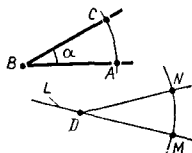
7. Разделить отрезок AB на равные части (например, на пять частей)

Через точку A провести под произвольным углом прямую AC . На прямой AC от точки A отложить равные отрезки ($A-1=1-2=2-3=...$) произвольной длины, число которых равно числу частей, на которое нужно разделить отрезок AB . Конец последнего отрезка соединить с точкой B (прямая $B-5$). Через точки $1, 2, 3, ...$ провести прямые, параллельные $B-5$ до пересечения с отрезком AB , которые и разделят отрезок на заданное число равных частей



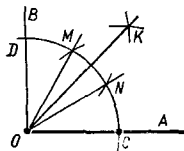
8. Построить биссектрису угла

Из вершины угла (точка B) провести дугу произвольного радиуса до пересечения со сторонами угла в точках A и C . Из точек A и C провести дуги до взаимного пересечения в точке D ; прямая BD — биссектриса угла



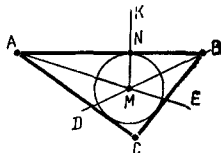
9. На прямой L построить угол, равный заданному углу α

Из вершины заданного угла α (точка B) провести дугу произвольного радиуса до пересечения со сторонами угла в точках A и C . Тем же радиусом из произвольной точки D прямой L провести дугу, пересекающую прямую L в точке M . На этой дуге от точки M отложить отрезок, равный дуге AC (точка N). Соединив точки D и N , получим угол MDN , равный углу α



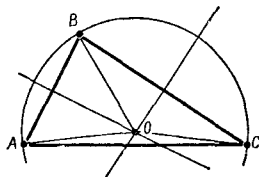
10. На отрезке OA построить углы 30° , 45° и 60°

В точке O восстановить перпендикуляр OB (см. п. 4) к отрезку OA . Из точки O провести дугу произвольным радиусом до пересечения со сторонами угла AOB . Тем же радиусом из точек пересечения C и D на дуге отметить точки M и N . Построить биссектрису OK угла AOB (см. п. 8). Через точки $O-M$ и $O-N$ провести прямые. Угол AON равен 30° , угол AOK равен 45° и угол $AOM = 60^\circ$



11. Построить окружность, вписанную в треугольник ABC

Построить биссектрисы (см. п. 8) углов CAB и ABC треугольника, из точки их пересечения (точка M) опустить перпендикуляр AK на сторону AB (см. п. 2). Отрезок MN есть радиус вписанной окружности, а точка M — ее центр

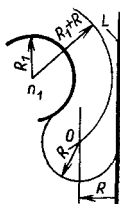


12. Построить окружность, описанную вокруг треугольника ABC

Через середины сторон AB и BC треугольника провести перпендикуляры (см. п. 1) до пересечения их в точке O . Точка O есть центр описанной окружности, а отрезки $OA=OB=OC$ равны ее радиусу

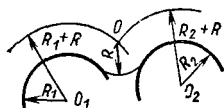
Продолжение табл. 17

	13. По заданным значениям катета b и гипотенузы c построить прямоугольный треугольник Из середины (точка O) гипотенузы провести полуокружность радиусом, равным ее половине. Из конца гипотенузы (точка A) радиусом, равным катету b, провести дугу до пересечения с полуокружностью в точке B. Соединив точку B с точками A и C, получаем искомый прямоугольный треугольник
	14. Из точки A провести касательные к заданной окружности Соединить точку A с центром O окружности, отрезок OA разделить пополам (см. п. 1). Из середины отрезка (точка B) провести дугу радиусом OB до пересечения с окружностью в точках C и D. Прямые AC и AD — искомые касательные
	15. Построить касательную к дуге окружности в точке A Из точки A произвольным радиусом сделать на заданной дуге отметки (точки B и C), провести через них хорду BC и через точку A провести прямую, параллельную хорде BC, которая и будет искомой прямой
	16. Найти центр и радиус окружности, заданной дугой AB Провести две произвольные хорды (AN и MB); через середины хорд провести перпендикуляры до взаимного пересечения в точке O. Точка O есть центр заданной окружности, а радиус равен отрезку $OA = OB$
	17. Провести дугу радиусом R, касательную к пересекающимся под произвольным углом прямым AB и CD Провести прямые, параллельные заданным и отстоящие от них на расстояниях R (см. п. 6), до взаимного пересечения в точке O. Из точки O провести дугу радиусом R, которая будет искомой, касательной к прямым AB и CD



18. Провести дугу радиусом R , касательную к дуге радиуса R_1 и прямой L

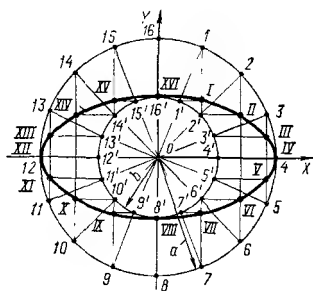
Из центра O_1 заданной дуги провести дугу радиусом $R_1 + R$ и прямую, параллельную заданной прямой L и отстоящей от нее на расстояние R . Точка O пересечения этой прямой с дугой радиуса $R_1 + R$ есть искомый центр дуги радиуса R , касательной к заданной дуге и прямой. Задача не имеет решения, если расстояние между центром O_1 и прямой L больше суммы $R_1 + 2R$



19. Провести дугу радиусом R , касательную к двум дугам с радиусами R_1 и R_2

Из центров заданных дуг (точек O_1 и O_2) провести дуги радиусами, соответственно равными $R_1 + R$ и $R_2 + R$, до их взаимного пересечения в точке O , которая является центром дуги радиуса R , касательной к заданным дугам. Задача не имеет решения, если расстояние между центрами O_1 и O_2 больше суммы $R_1 + R_2 + 2R$

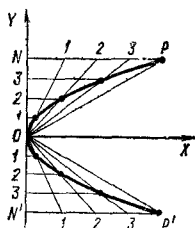
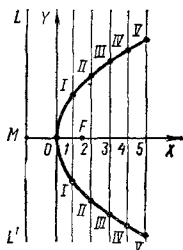
18. Построение типовых кривых



1. Эллипс — геометрическое место точек, сумма расстояний которых до двух неподвижных точек (фокусов) есть величина постоянная. Уравнение эллипса $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$, где a и b — большая и малая полуоси эллипса.

Из точки O проводят две окружности радиусами, равными a и b . Большую окружность делят на произвольное число равных частей. Полученные точки $1, 2, 3, \dots$ соединяют с центром окружностей линиями, которые пересекают малую окружность в точках $1', 2', 3', \dots$. Через эти точки проводят прямые, параллельные оси OX , а из точек $1, 2, 3, \dots$ — прямые, параллельные оси OY . На пересечении прямых, проведенных от одноименных точек, находят точки $I, II, III, IV, \dots$, которые являются точками искомого эллипса.

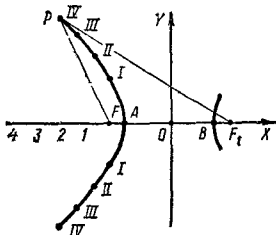
Продолжение табл. 18



2. **Парабола** — геометрическое место точек, равноудаленных от неподвижной точки — фокуса F и неподвижной прямой — директрисы LL' . Уравнение параболы $y^2 = 2px$, где p — параметр, равный расстоянию между фокусом и директрисой.

Первый способ. Даны фокус F и директриса LL' . Ось Ox находят построением прямой, проходящей через фокус F перпендикулярно директрисе LL' . Вершина параболы O будет лежать в середине отрезка MF . От точки O по оси Ox откладывают произвольные равные отрезки, и через полученные точки $1, 2, 3, \dots$ проводят линии, перпендикулярные оси Ox . Из фокуса F проводят окружности радиусами $M1, M2, M3, \dots$, пересечение которых с прямыми, проведенными через точки $1, 2, 3, \dots$ дадут точки $I, II, III, IV, \dots$, которые будут точками искомой параболы.

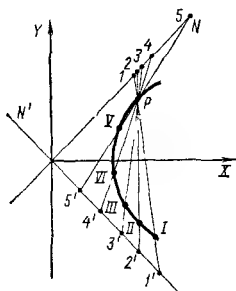
Второй способ. Даны вершина параболы O , ось Ox и точка параболы P . Через точку O проводят ось Oy и строят прямоугольник $PNN'P'$; отрезки PN, NO, ON' и $N'P'$ делят на равное число частей. Из точек $1, 2, 3, \dots$ отрезков NO и ON' проводят прямые, параллельные оси Ox , а точки отрезков NP и $N'P'$ соединяют с точкой O . Пересечение одноименных прямых есть точки искомой параболы.



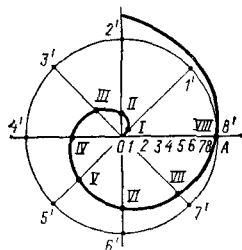
3. **Гипербола** — геометрическое место точек, разность расстояний которых от двух неподвижных точек — фокусов F и F_1 — есть величина постоянная. Урав-

нение гиперболы $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$, где a — расстояние от вершин до начала координат ($OA = OB$); $b = \sqrt{c^2 - a^2}$ (где $c = OF = OF_1$ — есть расстояние от фокуса до начала координат).

Первый способ. Дано положение фокусов F и F_1 и точка гиперболы P . Отрезок FF_1 делят пополам и от его середины O откладывают в обе стороны отрезки OA и OB , равные полуразности расстояний точки P до фокусов, т. е. $OA = OB = 0.5(PF_1 - PF)$. Полученные точки A и B — вершины гиперболы. На оси Ox намечают произвольные точки $1, 2, 3, \dots$. Из фокуса F проводят дуги радиусами $A1, A2, A3, \dots$, а из фокуса F_1 — дуги радиусами $B1, B2, B3, \dots$. Пересечения одноименных дуг дают точки $(I, II, III, IV, \dots)$ искомой гиперболы.

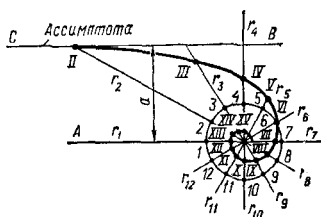


Второй способ. Даны точка гипербо-
лы P и ее асимптоты N и N' . Через
точку P проводят пучок прямых до пе-
ресечения с асимптотами в точках $1, 2,$
 $3, \dots$ и $1', 2', 3', \dots$. От точек $1', 2',$
 $3', \dots$ откладывают отрезки $1'I = 1P,$
 $2'II = 2P, 3'III = 3P$ и т. д. Получен-
ные точки $I, II, III, \dots$ есть точки
искомой гипербола (так как у гипер-
болы отрезки одной прямой, заключен-
ные между гиперболой и асимптотами,
равными между собой)



4. *Архимедова спираль* получается при
равномерном движении точки по пря-
мой, равномерно вращающейся вокруг
неподвижной точки. Уравнение спирали
 $r = a\varphi$, где a — коэффициент увеличения
радиуса при увеличении угла его по-
ворота.

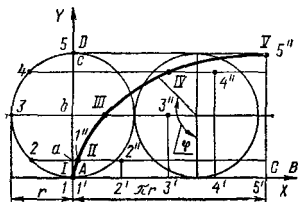
Проводят окружность радиусом $OA =$
 $= r_0 = 2\pi a$, где r_0 — путь, пройденный
точкой по прямой за время ее поворота
на 360° . Радиус OA делят на произ-
вольное число равных частей; на такое
же число равных частей делят окруж-
ность. На лучах $O-1', O-2'$ и т. д. от
центра откладывают отрезки $O-I,$
 $O-II, O-III$ и т. д., соответственно
равные отрезкам $O-1, O-2, O-3$ и
т. д. Полученные точки I, II, III, IV
и т. д. есть точки архимедовой спирали.



5. *Гиперболическая спираль* получается
при движении точки по вращающейся
прямой таким образом, что ее расстоя-
ние от центра вращения всегда будет
обратно пропорционально углу пово-
рота прямой, измеренному от началь-
ного положения.

Уравнение спирали $r\varphi = c$, где a —
расстояние асимптоты спирали от на-
чала координат. Так как при $\varphi \rightarrow 0$ $r \rightarrow$
 $\rightarrow \infty$, то прямая BC , проведенная па-
раллельно оси OA на расстоянии a ,
есть асимптота спирали. При $\varphi \rightarrow \infty$
 $r \rightarrow 0$, поэтому полюс O есть асимпто-
тическая точка спирали, вокруг которой
спираль описывает бесконечное число
оборотов и никогда ее не достигает.

Из полюса O спирали проводят ок-
ружность произвольного радиуса и
делят ее на произвольное число равных
частей. Через полученные точки $1, 2,$
 $3, \dots$ проводят лучи из полюса O . На
лучах откладывают отрезки, равные $r_1,$
 r_2, r_3 и т. д., значения которых вычис-
ляют по формуле $r_i = \frac{an}{2\pi(i-1)}$, где

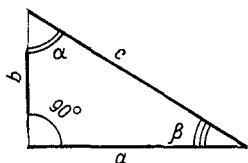


7. Циклоида — кривая, описанная точкой, лежащей на окружности, при качении окружности по прямой без скольжения. Уравнения циклоиды: $x = r(\varphi - \sin \varphi)$; $y = r(1 - \cos \varphi)$, где r — радиус катящейся окружности; φ — угол, образуемый радиусом и осью окружности.

На прямой AB откладывают отрезок $AC = \pi r$, равный половине длины катящейся окружности. Дугу AD и прямую AC делят на одинаковое число равных частей, например четыре. Из полученных точек $1, 2, 3, \dots$ проводят прямые, параллельные AC , а из точек $1'', 2'', 3'', \dots$ проводят прямые, перпендикулярные AC . От точек пересечения одноименных прямых $1'', 2'', 3'' \dots$ откладывают отрезки $2''-I = a-2$; $3''-III = b-3$ и т. д.; полученные точки I, II, III, IV и т. д. будут точками циклоиды.

19. Соотношения элементов плоских фигур

Прямоугольный треугольник



Обозначения: a, b — катеты; c — гипотенуза; S — площадь.

$$a^2 + b^2 = c^2; \quad \alpha + \beta = 90^\circ; \quad S = \frac{ab}{2};$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} = \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\cos \alpha} = \frac{a}{\cos \beta} = \frac{b}{\sin \beta};$$

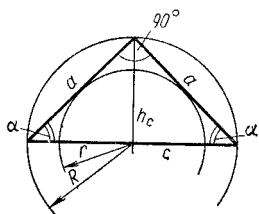
$$a = \sqrt{c^2 - b^2} = c \sin \alpha = c \cos \beta = b \operatorname{tg} \alpha = b \operatorname{ctg} \beta;$$

$$b = \sqrt{c^2 - a^2} = c \sin \beta = c \cos \alpha = a \operatorname{tg} \beta = a \operatorname{ctg} \alpha;$$

$$S = \frac{ab}{2} = \frac{a^2}{2} \operatorname{ctg} \alpha = \frac{b^2}{2} \operatorname{tg} \alpha = \frac{c^2}{2} \sin \alpha \cos \alpha = \frac{c^2}{4} \sin 2\alpha = \frac{a}{2} \sqrt{c^2 - a^2};$$

$$\sin \alpha = \cos \beta = \frac{a}{c}; \quad \sin \beta = \cos \alpha = \frac{b}{c}; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{b}{a}$$

Равнобедренный прямоугольный треугольник



Обозначения: a — боковые стороны (катеты); c — основание (гипотенуза); α — углы при основании; h_c — высота; R — радиус описанной окружности; P — периметр; S — площадь.

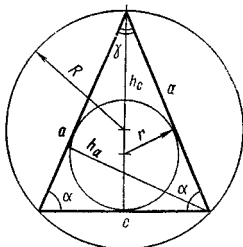
$$\alpha = 45^\circ; \quad a = \frac{c}{2} \sqrt{2} = 0,707c = h_c \sqrt{2} = 1,41h_c;$$

$$c = a \sqrt{2} = 1,41a = 2h_c = 2R; \quad h_c = \frac{c}{2} = \frac{a}{2} \sqrt{2} = 0,707a = R;$$

$$R = \frac{c}{2} = \frac{a}{2} \sqrt{2} = 0,707a;$$

$$P = 2a + c = 2,414c; \quad S = \frac{1}{2} a^2 = \frac{1}{4} c^2 = h_c^2$$

Равнобедренный треугольник



Обозначения: a — боковые стороны; c — основание; α — углы при основании; γ — угол при вершине; h_a и h_c — высоты на сторону a и основание c ; P — периметр; S — площадь.

$$\gamma = 180^\circ - 2\alpha; \quad \alpha = 90^\circ - \frac{\gamma}{2}; \quad \cos \alpha = \sin \frac{\gamma}{2} = \frac{c}{2a};$$

$$a = \frac{c}{2 \cos \alpha} = \frac{c}{2 \sin \frac{\gamma}{2}} = \frac{h_a}{\sin \gamma} = \frac{h_c}{\cos \frac{\gamma}{2}} = \sqrt{h_c^2 + \frac{c^2}{4}};$$

$$c = 2a \sin \frac{\gamma}{2} = 2a \cos \alpha = \frac{h_a}{\sin \alpha} = \frac{2h_c}{\operatorname{tg} \alpha} = 2h_c \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2};$$

$$h_a = a \sin \gamma = c \sin \alpha = c \cos \frac{\gamma}{2} = \frac{ch_c}{a} = \frac{c}{a} \sqrt{a^2 - \frac{c^2}{4}};$$

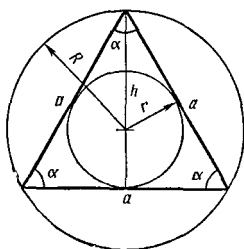
$$h_c = a \sin \alpha = a \cos \frac{\gamma}{2} = \frac{c}{2} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} = \sqrt{a^2 - \frac{c^2}{4}};$$

$$R = \frac{a^2}{2 \sqrt{a^2 - \frac{c^2}{4}}} = \frac{a^2}{2hc}; \quad r = \frac{c}{2} \sqrt{\frac{2a-c}{2a+c}};$$

$$P = 2a + c = 2a \left(1 + \sin \frac{\gamma}{2}\right) = 2a (1 + \cos \alpha) = c \left(1 + \frac{1}{\cos \alpha}\right);$$

$$S = \frac{c}{2} \sqrt{a^2 - \frac{c^2}{4}} = \frac{1}{2} a^2 \sin \gamma = \frac{1}{4} c^2 \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2} ah_a = \frac{1}{2} ch_c$$

Равносторонний треугольник



Обозначения: a — сторона; h — высота; R, r — радиусы описанной и вписанной окружностей; P — периметр; S — площадь.

$$a = \frac{2}{3} h \sqrt{3} = 1,155h = R \sqrt{3} = 1,732R = 2r \sqrt{3} = 3,463r;$$

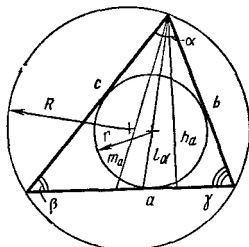
$$\alpha = 60^\circ; \quad h = \frac{a}{2} \sqrt{3} = 0,866a = \frac{3}{2} R = 1,5R = 3r;$$

$$R = \frac{a}{\sqrt{3}} = 0,577a = \frac{2}{3} h = 2r; \quad r = \frac{a}{6} \sqrt{3} = 0,289a = \frac{h}{3} = \frac{R}{2};$$

$$P = 3a = 3,463h = 5,196R = 10,392r;$$

$$S = \frac{a^2}{4} \sqrt{3} = 0,433a^2 = 0,577h^2 = 1,299R^2 = 5,196r^2$$

Косоугольный треугольник



Обозначения: a, b, c — стороны; α, β, γ — противолежащие им углы; R, r — радиусы описанной и вписанной окружностей; P — периметр; p — полупериметр; S — площадь.

Основные соотношения;

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} = 2R \quad (\text{теорема синусов});$$

Продолжение табл. 19

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha \quad (\text{теорема косинусов});$$

$$\frac{a+b}{a-b} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha+\beta}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\alpha-\beta}{2}} \quad (\text{теорема тангенсов})$$

$$S = \frac{1}{2} ab \sin \gamma = 2R^2 \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma = rp = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

Основные линии треугольника:

$$\text{Высота на сторону } a: h_a = b \sin \gamma = c \sin \beta;$$

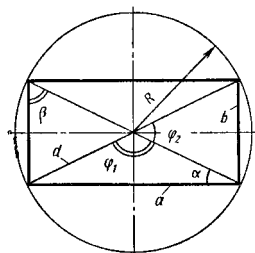
$$\text{Биссектриса угла } \alpha: l_\alpha = \frac{bc \cos \frac{\alpha}{2}}{b+c};$$

$$\text{Медиана на сторону } a: m_a = \frac{1}{2} \sqrt{b^2 + c^2 + 2bc \cos \alpha}$$

Нахождение элементов косоугольного треугольника

Дано	Формулы для нахождения других элементов
a, α, β	$\gamma = 180^\circ - \alpha - \beta; \quad b = \frac{a \sin \beta}{\sin \alpha}$ $c = \frac{a \sin \gamma}{\sin \alpha}; \quad S = \frac{1}{2} ab \sin \gamma$
a, b, γ	$\operatorname{tg} \frac{\alpha-\beta}{2} = \frac{a-b}{a+b} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}; \quad \frac{\alpha+\beta}{2} = 90^\circ - \frac{\gamma}{2}$ По найденным $\alpha + \beta$ и $\alpha - \beta$ вычисляют α и β; $c = \frac{a \sin \gamma}{\sin \alpha}; \quad S = \frac{1}{2} ab \sin \gamma$

Прямоугольник



Обозначения: a, b — стороны; d — диагональ; R — радиус описанной окружности; α, β — углы между сторонами и диагоналями; φ_1, φ_2 — углы между диагоналями; P — периметр; S — площадь.

$$\alpha = 90^\circ - \beta = 90^\circ - \frac{\varphi_1}{2} = \frac{\varphi_2}{2}; \quad \varphi_1 = 2\beta = 180^\circ - 2\alpha = 180^\circ - \varphi_2;$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - \frac{\varphi_1}{2} = \frac{\varphi_2}{2}; \quad \varphi_2 = 2\alpha = 180^\circ - 2\beta = 180^\circ - \varphi_1;$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{a}; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{a}{b}; \quad \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} = \operatorname{tg} \beta = \frac{a}{b}; \quad \operatorname{tg} \frac{\varphi_2}{2} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{a};$$

$$a = \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{b}{\operatorname{ctg} \beta} = d \sin \beta = d \cos \alpha = \sqrt{S \operatorname{ctg} \alpha} = \sqrt{\frac{S}{\operatorname{tg} \alpha}};$$

$$b = a \operatorname{tg} \alpha = a \operatorname{ctg} \beta = d \cos \beta = d \sin \alpha = \sqrt{\frac{S}{\operatorname{ctg} \alpha}} = \sqrt{S \operatorname{tg} \alpha};$$

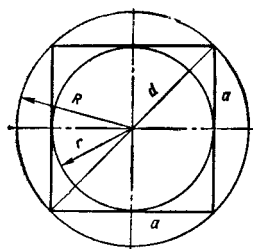
$$d = \sqrt{a^2 + b^2} = \frac{a}{\cos \alpha} = \frac{a}{\sin \beta} = \frac{b}{\sin \alpha} = \frac{b}{\cos \beta} = \sqrt{\frac{2S}{\sin 2\alpha}};$$

$$R = \frac{d}{2} = \frac{a}{2 \cos \alpha} = \frac{a}{2 \sin \beta} = \frac{b}{2 \sin \alpha} = \frac{b}{2 \cos \beta} = \sqrt{\frac{S}{2 \sin 2\alpha}};$$

$$P = 2(a + b) = 2a(1 + \operatorname{tg} \alpha) = 2a(1 + \operatorname{ctg} \beta) = 2a \sqrt{1 + 2 \sin 2\alpha};$$

$$S = ab = a^2 \operatorname{tg} \alpha = a^2 \operatorname{ctg} \beta = \frac{1}{2} d^2 \sin \varphi_1 = \frac{1}{2} d^2 \sin 2\alpha$$

Квадрат



Обозначения: a — сторона; d — диагональ; R , r — радиусы описанной и вписанной окружностей; P — периметр; S — площадь.

$$a = \frac{d}{2} \sqrt{2} = \frac{P}{4} = \sqrt{S} = R \sqrt{2} = 2r; \quad d = a \sqrt{2} = \frac{P}{4} \sqrt{2} = \sqrt{2S} = 2R = 2r \sqrt{2};$$

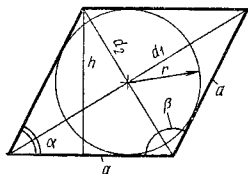
$$R = \frac{a}{2} \sqrt{2} = \frac{d}{2} = \frac{P}{8} \sqrt{2} = \frac{\sqrt{2S}}{2} = r \sqrt{2};$$

$$r = \frac{a}{2} = \frac{d}{4} \sqrt{2} = \frac{P}{8} = \frac{\sqrt{S}}{2} = \frac{R}{2} \sqrt{2};$$

$$P = 4a = 8r = 2d \sqrt{2} = 4 \sqrt{S} = 4r \sqrt{2};$$

$$S = a^2 = \frac{d^2}{2} = \frac{P^2}{16} = 2R^2 = 4r^2$$

Ромб



Обозначения: a — сторона; d_1 и d_2 — диагонали; h — высота; α и β — углы при вершинах (углы между диагоналями равны 90°); r — радиус вписанной окружности; P — периметр; S — площадь (при $\alpha > 90^\circ$ $d_1 < d_2$; при $\alpha < 90^\circ$ $d_1 > d_2$).

$$\alpha = 180^\circ - \beta; \quad \sin \alpha = \sin \beta = \frac{h}{a}; \quad \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{d_2}{d_1};$$

$$\beta = 180^\circ - \alpha; \quad \sin \frac{\alpha}{2} = \cos \frac{\beta}{2} = \frac{d_2}{2a}; \quad \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{d_1}{d_2};$$

$$a = \frac{d_1}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{d_2}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \sqrt{\frac{S}{\sin \alpha}};$$

$$h = a \sin \alpha = d_1 \sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{S \sin \alpha};$$

$$d_1 = \frac{h}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{h}{\cos \frac{\beta}{2}} = 2a \cos \frac{\alpha}{2} = 2a \sin \frac{\beta}{2} = d_2 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2};$$

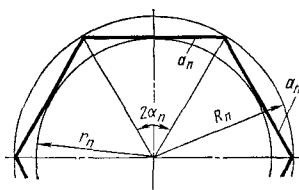
$$d_2 = \frac{h}{\sin \frac{\beta}{2}} = \frac{h}{\cos \frac{\alpha}{2}} = 2a \sin \frac{\alpha}{2} = 2a \cos \frac{\beta}{2} = d_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2};$$

$$r = \frac{h}{2} = \frac{a}{2} \sin \alpha = \frac{1}{2} d_1 d_2 \sin \frac{\alpha}{2};$$

$$P = 4a = \frac{2d_1}{\cos \frac{\alpha}{2}} = 2\sqrt{d_1^2 + d_2^2};$$

$$S = ah = a^2 \sin \alpha = \frac{1}{2} d_1^2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2} d_1 \sqrt{4a^2 - d_1^2} = \frac{1}{2} d_1 d_2$$

Правильный многоугольник



Обозначения: n — число сторон; a_n — сторона; R_n — радиус описанной окружности; r_n — радиус вписанной окружности; $2\alpha_n$ — центральный угол; P — периметр; S — площадь

$$2\alpha_n = \frac{360^\circ}{n}; \quad \alpha_n = \frac{180^\circ}{n}; \quad a_n = 2R_n \sin \alpha_n = 2r_n \operatorname{tg} \alpha_n;$$

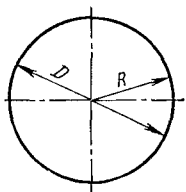
$$R_n = \frac{a_n}{2 \sin \alpha_n} = \frac{r_n}{\cos \alpha_n}; \quad P = 2nR_n \sin \alpha_n = 2nr_n \operatorname{tg} \alpha_n = na_n;$$

$$S = \frac{1}{2} nR_n^2 \sin 2\alpha_n = nr_n^2 \operatorname{tg} \alpha_n = \frac{1}{4} na_n^2 \operatorname{ctg} \alpha_n$$

Таблица значений $\sin \alpha_n$

n	$\sin \alpha_n$	n	$\sin \alpha_n$	n	$\sin \alpha_n$	n	$\sin \alpha_n$
5	0,5878	14	0,2225	35	0,0896	70	0,0419
6	0,5000	15	0,2079	40	0,0785	72	0,0436
7	0,4339	16	0,1951	45	0,0698	75	0,0419
8	0,3827	18	0,1737	50	0,0628	80	0,0393
9	0,3420	20	0,1564	55	0,0571	85	0,0369
10	0,3090	25	0,1253	60	0,0523	90	0,0349
11	0,2817	30	0,1045	64	0,0491	95	0,0331
12	0,2588	32	0,0980	65	0,0483	100	0,0314

Круг



Обозначения: R — радиус круга; D — диаметр круга; P — периметр (длина окружности); S — площадь.

$$R = \frac{P}{2\pi} = 0,1591P = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 0,5642\sqrt{S};$$

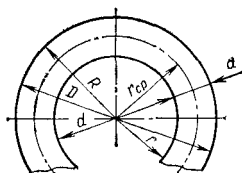
$$D = 2R = \frac{P}{\pi} = 0,3183P = 2\sqrt{\frac{S}{\pi}} = 1,1284\sqrt{S};$$

$$P = 2\pi R = 6,2832R = \pi D = 3,1416D = 2\sqrt{\pi S} = 3,5449\sqrt{S};$$

$$S = \pi R^2 = 3,1416R^2 = \frac{\pi D^2}{4} = 0,7854D^2 = \frac{P^2}{4\pi} = 0,0796P^2$$

Продолжение табл. 19

Круговое кольцо



Обозначения: D — наружный диаметр; R — наружный радиус; d — внутренний диаметр; r — внутренний радиус; d_{cp} — средний диаметр; r_{cp} — средний радиус; a — ширина кольца; S — площадь.

$$a = R - r = \frac{1}{2} (D - d); \quad R = r + a = r_{cp} + \frac{a}{2};$$

$$D = d + 2a = 2d_{cp} - d; \quad d = D - 2a = 2d_{cp} - D;$$

$$r = R - a = r_{cp} - \frac{a}{2} = 2r_{cp} - R;$$

$$r_{cp} = \frac{1}{2} (R + r) = \frac{1}{4} (D + d) = R - \frac{a}{2} = r + \frac{a}{2};$$

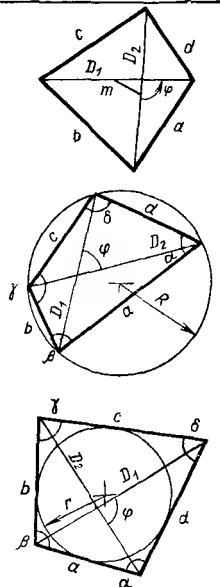
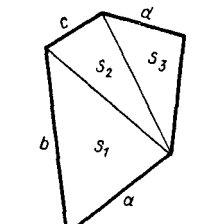
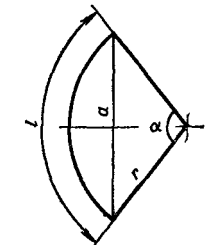
$$d_{cp} = \frac{1}{2} (D + d) = R + r = D - a = d + a;$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = \pi (R^2 - r^2) = 2\pi r_{cp} a = \pi d_{cp} a = \pi a (R + r) = \pi a (D - a) = \pi a (d + a)$$

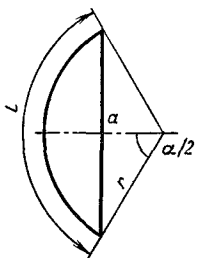
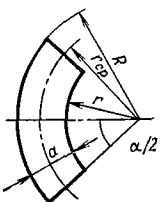
Параллелограмм, трапеция и другие плоские фигуры

Обозначения: a, b, c, d — стороны четырехугольника; $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ — углы при вершинах четырехугольника; D_1 и D_2 — диагонали четырехугольника; Φ — угол между ними; p — полупериметр; h — высота

Эскиз	Фигура	Периметр P , площадь S и другие соотношения элементов фигур
	Параллелограмм	$P = 2(a + b);$ $S = ah = ab \sin \alpha = ab \sin \beta;$ $h = b \sin \alpha; \quad \alpha = \gamma; \quad \beta = \delta;$ $\alpha + \beta = \gamma + \delta = 180^\circ$
	Трапеция (m — средняя линия)	$P = a + b + c + d;$ $S = 0,5(a + b)h = mh$ $m = 0,5(a + b);$ $h = c \sin \alpha = d \sin \beta$

Эскиз	Фигура	Периметр P , площадь S и другие соотношения элементов фигур
	Четырехугольник; выпуклый (m — линия, соединяющая середины диагоналей) вписанный в окружность радиуса R с вписанной окружностью радиуса r	$P = a + b + c + d;$ $S = 0,5 D_1 D_2 \sin \varphi = 0,25 (b^2 + d^2 - a^2 - c^2) \operatorname{tg} \varphi$ $a^2 + b^2 + c^2 + d^2 = D_1^2 + D_2^2 + 4m^2$ $P = a + b + c + d;$ $S = 0,5 D_1 D_2 \sin \varphi = 0,5 (ad + bc) \sin \alpha = 0,5 (ab + cd) \sin \beta = 2R^2 \sin \alpha \sin \beta \sin \varphi;$ $\alpha + \gamma = \beta + \delta = 180^\circ$ $P = a + b + c + d;$ $S = rp = (a + c)r = (b + d)r = 0,5 D_1 D_2 \sin \varphi;$ $a + c = b + d$
	Многоугольник любой	$P = a + b + c + d + \dots$ $S = S_1 + S_2 + S_3 + \dots$
	Сектор круговой (l — длина дуги; a — хорда)	$S = 0,5lr = \frac{\pi r^2 \alpha}{360^\circ} \approx 0,0087 r^2 \alpha;$ $l = \frac{\pi r \alpha}{180^\circ}; \quad a = 2r \sin \frac{\alpha}{2};$ $\alpha = \frac{180^\circ l}{\pi r}$

Продолжение табл. 19

Эскиз	Фигура	Периметр P , площадь S и другие соотношения элементов фигур
	Сегмент круговой (l — длина дуги; a — хорда)	$S = 0,5 [lr - a(r - h)] =$ $= \frac{r^2}{2} \left(\frac{\pi\alpha}{180^\circ} - \sin \alpha \right)$
	Часть кольца кругового	$S = \pi ar \text{ ср } \frac{\alpha}{180^\circ} =$ $= \frac{\pi\alpha}{360^\circ} (R^2 - r^2) =$ $= 0,0872\alpha (R^2 - r^2)$

20. Длины хорд S при делении окружности диаметром $d = 1$ на n равных частей

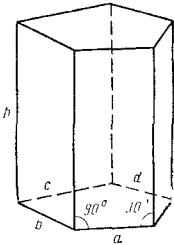
n	S	n	S	n	S	n	S	n	S	n	S
3	0,86603	18	0,17365	35	0,08964	52	0,06038	69	0,04551	86	0,03652
4	0,70711	19	0,16460	36	0,08716	53	0,05924	70	0,04487	87	0,03610
5	0,58779	20	0,15643	37	0,08481	54	0,05811	71	0,04423	88	0,03568
6	0,50000	21	0,14904	38	0,08258	55	0,05709	72	0,04362	89	0,03529
7	0,43388	22	0,14232	39	0,08047	56	0,05607	73	0,04302	90	0,03490
8	0,38268	23	0,13617	40	0,07846	57	0,05509	74	0,04244	91	0,03452
9	0,34202	24	0,13053	41	0,07655	58	0,05414	75	0,04188	92	0,03414
10	0,30902	25	0,12533	42	0,07473	59	0,05322	76	0,04132	93	0,03377
11	0,28173	26	0,12054	43	0,07300	60	0,05234	77	0,04079	94	0,03341
12	0,25882	27	0,11609	44	0,07134	61	0,05148	78	0,04027	95	0,03306
13	0,23932	28	0,11196	45	0,06976	62	0,05065	79	0,03976	96	0,03272
14	0,22252	29	0,10812	46	0,06824	63	0,04985	80	0,03926	97	0,03238
15	0,20791	30	0,10453	47	0,06678	64	0,04907	81	0,03878	98	0,03205
16	0,19509	31	0,10117	48	0,06540	65	0,04831	82	0,03830	99	0,03173
17	0,18375	32	0,09802	49	0,06407	66	0,04758	83	0,03784	100	0,03141
		33	0,09506	50	0,06279	67	0,04687	84	0,03739		
		34	0,09227	51	0,06156	68	0,04618	85	0,03695		

Пример пользования таблицей. Требуется разделить окружность диаметром 375 мм на 36 равных частей. Для $n = 36$ находим $S = 0,08716$. Величину хорды для деления окружности заданного диаметра на 36 частей находим умножением найденного в таблице значения S на диаметр: $0,08716 \times 375 = 32,685 = 32,7$ мм.

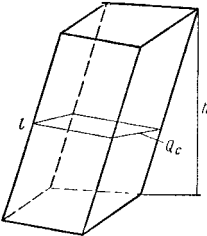
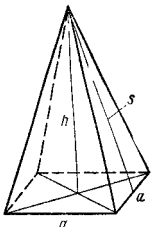
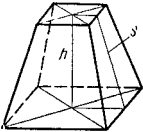
21. Поверхности и объемы тел

Призмы и пирамиды

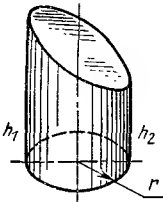
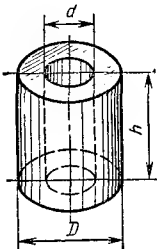
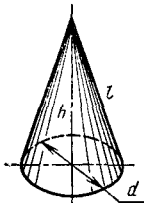
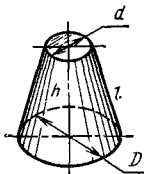
Обозначения: $a, b, c, d \dots$ — стороны основания; h — высота; B — площадь основания

Тело	Эскиз	Объем V , боковая S_6 и полная S_{Π} поверхности
Призма прямая: любая (основа- ние любой много- угольник)		$V = Bh;$ $S_6 = h(a + b + c + \dots)$ $S_{\Pi} = 2B + S_6$
трехгранная (ос- нование треуголь- ник)	—	$V = \frac{am}{2} h;$ $S_6 = (a + b + c) h;$ $S_{\Pi} = S_6 + am$ m — высота на сторону a ос- нования
четыrehгранная (основание квад- рат)	—	$V = a^2 h; S_6 = 4ah;$ $S_{\Pi} = S_6 + 2a^2$
шестигранная (основание — пра- вильный шести- угольник)	—	$V = 2,598a^2 h; S_6 = 6ah;$ $S_{\Pi} = 5,196a^2 + 6ah$
куб (a — ребро куба)	—	$V = a^3; S_{\Pi} = 6a^2$
параллелепипед (основание пря- моугольник)	—	$V = abh; S_6 = 2h(a + b)$ $S_{\Pi} = S_6 + 2ab$

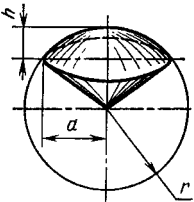
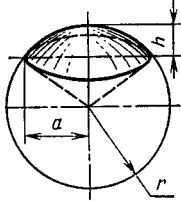
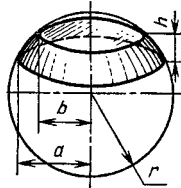
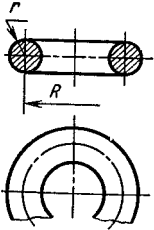
Продолжение табл. 21

Тело	Эскиз	Объем V , боковая S_6 и полная S_{Π} поверхности
Призма наклонная		$V = Bh = Q_c l; \quad S_6 = P_c h;$ $S_{\Pi} = S_6 + 2B;$ P_c и Q_c — периметр и площадь перпендикулярного сечения
Пирамида любая	—	$V = \frac{1}{3} Bh$
Пирамида правильная: в основании квадрат		$V = \frac{1}{3} a^2 h; \quad S_6 = 2as;$ $S_{\Pi} = S_6 + a^2;$ s — апофема
в основании правильный многоугольник (n — число углов)	—	$V = \frac{1}{3} Bh; \quad S_6 = \frac{1}{2} asn;$ s — апофема; $S_{\Pi} = S_6 + B$
Пирамида правильная усеченная		$V = \frac{h}{3} (B_1 + B_2 + \sqrt{B_1 B_2});$ $S_6 = \frac{P_1 + P_2}{2} s;$ $S_{\Pi} = S_6 + B_1 + B_2;$ B_1 и B_2 — площади оснований; P_1 и P_2 — периметры оснований; s — апофема

Продолжение табл. 21

Тело	Эскиз	Объем V , боковая S_6 и полная S_{Π} поверхности
Тела вращения		
Цилиндр круглый: прямой	—	$V = \frac{\pi d^2}{4} h; \quad S_6 = \pi d h;$ $S_{\Pi} = S_6 + \frac{\pi d^2}{2};$ d — диаметр цилиндра; h — высота
прямой усеченный		$V = \pi r^2 \frac{h_1 + h_2}{2};$ $S_6 = \pi r (h_1 + h_2);$ $S_{\Pi} = S_6 + \pi r \times$ $\times \left[r + \sqrt{r^2 + \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right)^2} \right]$
Труба цилиндриче- ская		$V = \frac{\pi h}{4} (D^2 - d^2);$ $S_{\Pi} = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{2} +$ $+ \pi h (D + d)$
Конус круглый: прямой		$V = \frac{\pi d^2 h}{12}; \quad S_{\Pi} = \frac{\pi d^2}{4} + \frac{\pi d l}{2};$ $S_6 = \frac{\pi d l}{2}$
прямой усеченный		$V = \frac{1}{12} \pi h (D^2 + D d + d^2);$ $S_6 = \frac{\pi l}{2} (D + d);$ $S_{\Pi} = \frac{\pi}{4} (D^2 + d^2) + \frac{\pi l}{2} (D + d)$

Продолжение табл. 21

Тело	Эскиз	Объем V , боковая $S_{\text{б}}$ и полная $S_{\text{п}}$ поверхности
Шар	—	$V = \frac{1}{6} \pi D^3 = \frac{4}{3} \pi r^3;$ $S_{\text{п}} = 4\pi r^2 = \pi D^2;$ r — радиус шара; D — диаметр шара
Шаровой сектор		$V = \frac{2}{3} \pi r^2 h;$ $S_{\text{п}} = \pi r(2h + a)$
Шаровой сегмент		$V = \frac{1}{6} \pi h (3a^2 + h^2);$ $S_{\text{п}} = \pi (2rh + a^2)$
Шаровой слой		$V = \frac{1}{6} \pi h (3a^2 + 3b^2 + h^2);$ $S_{\text{п}} = \pi (2rh + a^2 + b^2)$
Тор		$V = 2\pi^2 R r^2; \quad S_{\text{п}} = 4\pi^2 R r$

СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

22. Определение параметров движения

Формулы для определения параметров движения

Прямолинейное движение: Обозначения: s — путь, м; t — время, с; v_t — скорость, м/с; v_0 — начальная скорость, м/с; a — ускорение, м/с²; g — ускорение свободного падения, м/с²

равномерное $s = vt$; $t = \frac{s}{v}$; $v = \frac{s}{t}$ ($v_t = v = \text{const}$)

равномерно ускоренное ($v_0 = 0$)

$$s = \frac{v_t t}{2} = \frac{at^2}{2} = \frac{v_t^2}{2a}; \quad t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \frac{v_t}{a} = \frac{2s}{v_t};$$

$$v = \sqrt{2as} = \frac{2s}{t} = at; \quad a = \frac{v_t}{t} = \frac{2s}{t^2} = \frac{v_t^2}{2s}$$

равномерно ускоренное ($v_0 \neq 0$)

$$s = \frac{t(v_0 + v_t)}{2} = v_0 t + \frac{at^2}{2}; \quad v_t = v_0 + at = \frac{s}{t} + \frac{1}{2} at;$$

$$v_0 = v_t + at = \frac{s}{t} + \frac{at}{2}; \quad a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{2(v_t - v_0 t)}{t^2}; \quad t = \frac{v_t - v_0}{a} = \frac{2s}{v_0 + v_t}$$

равномерно замедленное

$$s = \frac{t(v_0 + v_t)}{2} = v_0 t - \frac{at^2}{2}; \quad t = \frac{v_0 - v_t}{a} = \frac{2s}{v_0 + v_t};$$

$$v_t = v_0 - at = \frac{s}{t} - \frac{1}{2} at; \quad v_0 = v_t + at = \frac{s}{t} + \frac{at}{2}; \quad a = \frac{v_0 - v_t}{t} = \frac{2(v_0 t - s)}{t^2}$$

Свободное падение *1

$$s = \frac{v_t t}{2} = \frac{gt^2}{2}; \quad t = \sqrt{\frac{2s}{g}}; \quad v = gt$$

Вращательное движение: Параметры: α_t — угловой путь, пройденный радиусом за время t , рад; t — время, с; ω_t — угловая скорость, 1/с; ω_0 — начальная угловая скорость, 1/с; ε — угловое ускорение, 1/с²; n — частота вращения, об/мин; v — линейная скорость на радиусе r , м/с

равномерное

$$\alpha_t = \omega t = \frac{\pi n}{30} t; \quad t = \frac{\alpha_t}{\omega} = \frac{30 \alpha_t}{\pi n}; \quad \omega = \frac{\alpha_t}{t}; \quad \omega_t = \omega = \text{const};$$

$$v = \frac{\pi r n}{30} = r \omega$$

Продолжение табл. 22

Формулы для определения параметров движения

равномерно ускоренное ($\omega_0 = 0$);

$$\alpha_t = \frac{\omega_t t}{2} = \frac{\varepsilon t^2}{2} = \frac{\omega_t^2}{2\varepsilon}; \quad t = \frac{2\alpha_t}{\omega_t} = \sqrt{\frac{2\alpha_t}{\varepsilon}} = \frac{\omega_t}{\varepsilon};$$

$$\omega_t = \frac{2\alpha_t}{t} = \sqrt{2\varepsilon\alpha_t} = \varepsilon t; \quad \varepsilon = \frac{\omega_t}{t} = \frac{2\alpha_t}{t^2} = \frac{\omega_t^2}{2\alpha_t}$$

равномерно ускоренное ($\omega_0 \neq 0$);

$$\alpha_t = \frac{(\omega_0 + \omega_t)t}{2} = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}; \quad t = \frac{\omega_t - \omega_0}{\varepsilon}; \quad \omega_t = \omega_0 + \varepsilon t = \frac{\alpha_t}{t} + \frac{\varepsilon t}{2};$$

$$\omega_0 = \omega_t + \varepsilon t = \frac{\alpha_t}{t} + \frac{\varepsilon t}{2}; \quad \varepsilon = \frac{\omega_t - \omega_0}{t} = 2 \frac{\alpha_t - \omega_0 t}{t^2}$$

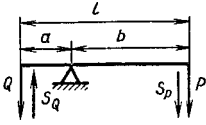
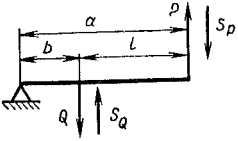
равномерно замедленное

$$\alpha_t = \frac{(\omega_0 + \omega_t)t}{2} = \omega_0 t - \frac{\varepsilon t^2}{2}; \quad t = \frac{\omega_0 - \omega_t}{\varepsilon}; \quad \omega_t = \omega_0 - \varepsilon t = \frac{\alpha_t}{t} - \frac{\varepsilon t}{2};$$

$$\omega_0 = \omega_t - \varepsilon t = \frac{\alpha_t}{t} - \frac{\varepsilon t}{2}; \quad \varepsilon = \frac{\omega_0 - \omega_t}{t} = 2 \frac{\omega_0 t - \alpha_t}{t^2}$$

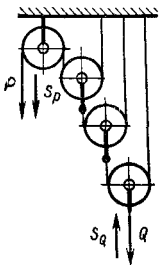
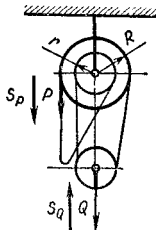
*1 Свободное падение тела под действием силы тяжести есть равномерно ускоренное движение с ускорением свободного падения.

23. Расчет простейших механизмов (без учета трения)

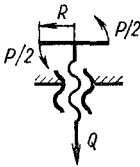
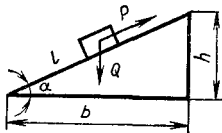
Механизм	Эскиз	Формулы для определения	
		сил	перемещений
Рычаг первого рода		$P = Q \frac{a}{b};$ $b = \frac{Ql}{Q + P};$ $a = \frac{Pl}{Q + P}$	$S_P = -S_Q \frac{b}{a};$ $S_Q = -S_P \frac{a}{b}$
Рычаг второго рода		$P = Q \frac{b}{a};$ $a = \frac{Ql}{P - Q};$	$S_P = S_Q \frac{a}{b};$

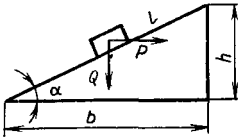
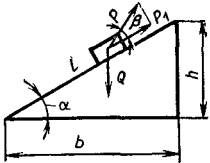
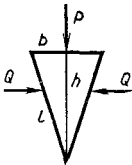
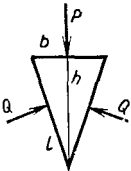
Механизм	Эскиз	Формулы для определения	
		сил	перемещений
Рычаг второго рода		$b = \frac{Pl}{P-Q}$	$S_Q = S_P \frac{b}{a}$
Ворот		$P = Q \frac{r}{R}$	$S_P = -S_Q \frac{R}{r}$
Блок		$P = Q$	$S_P = -S_Q$
Системы блоков		$P = \frac{Q}{2}$	$S_P = -2S_Q$
		$P = \frac{Q}{2 \cos \alpha}$	$S_P = -S_Q 2 \cos \alpha$

Продолжение табл. 23

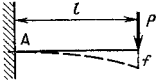
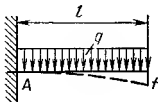
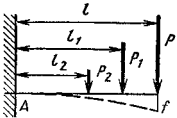
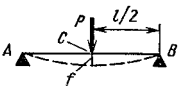
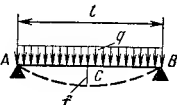
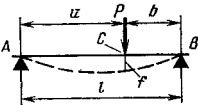
Механизм	Эскиз	Формулы для определения	
		сил	перемещений
Системы блоков		$P = \frac{Q}{2^n}$ n — число подвижных блоков	$s_p = -s_q 2^n$
Дифференциальный блок		$P = Q \frac{R-r}{2R}$	$s_p = -s_q \frac{2R}{R-r}$

Винтовой и клиновые механизмы

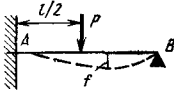
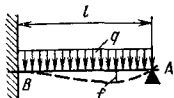
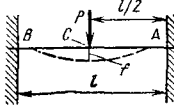
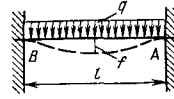
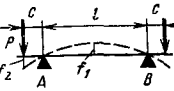
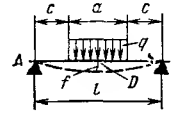
Эскиз	Формулы для определения сил
 	Винтовой механизм $P = \frac{Q t}{2 \pi R} \quad (t \text{ — шаг винта})$ Клиновые механизмы $P = Q \frac{h}{l} = Q \sin \alpha$

Эскиз	Формулы для определения сил
	$P = Q \frac{h}{l} = Q \operatorname{tg} \alpha$
	$P = Q \frac{\sin \alpha}{\cos \beta}; \quad P_1 = Q \sin \alpha$
	$P = Q \frac{b}{l}$
	$P = Q \frac{b}{h}$

24. Расчет балок с различным нагружением
(значения Z и Y см. в табл. 26)

Схема нагружения	Реакции опор A и B , максимальный изгибающий момент $M_{\max}$	Допустимая нагрузка	Максимальный прогиб f	Опасное сечение
	$A = P;$ $M_{\max} = Pl$	$P_d = \frac{\sigma_n Z}{l}$	$\frac{Pl^3}{3EJ}$	A
	$A = Q; Q = ql;$ $M_{\max} = \frac{Ql}{2}$	$Q_d = \frac{2\sigma_n Z}{l}$	$\frac{Ql^3}{8EJ}$	A
	$A = P_1 + P_2 + P;$ $M_{\max} = Pl + P_1 l_1 + P_2 l_2$	—	$\frac{1}{3EJ} (Pl^3 + P_1 l_1^3 + P_2 l_2^3)$	A
	$A = B = \frac{P}{2};$ $M_{\max} = \frac{Pl}{4}$	$P_d = \frac{4\sigma_n Z}{l}$	$\frac{Pl^3}{48EJ}$	C
	$A = B = \frac{Q}{2};$ $Q = ql;$ $M_{\max} = \frac{Ql}{8}$	$Q_d = \frac{8\sigma_n Z}{l}$	$\frac{5Ql^3}{384EJ}$	C
	$A = \frac{Pb}{l};$ $B = \frac{Pa}{l};$ $M_{\max} = \frac{Pab}{l}$	$P_d = \frac{\sigma_n Zl}{ab}$	$\frac{Pa^2 b^2}{3EJl}$	C

Продолжение табл. 24

Схема нагружения	Реакции опор A и B , максимальный изгибающий момент $M_{\max}$	Допустимая нагрузка	Максимальный прогиб f	Опасное сечение
	$A = \frac{5P}{16};$ $B = \frac{11P}{16};$ $M_{\max} = \frac{3Pl}{16}$	$P_d = \frac{16\sigma_n Z}{l}$	$\frac{7Pl^3}{768EJ}$	A
	$A = \frac{3Q}{8}; B = \frac{5Q}{8};$ $Q = ql$ $M_{\max} = \frac{Ql}{8}$	$Q_d = \frac{8\sigma_n Z}{l}$	$\frac{Ql^3}{185EJ}$	B
	$A = B = \frac{P}{2};$ $M_{\max} = \frac{Pl}{8}$	$P_d = \frac{8\sigma_n Z}{l}$	$\frac{Pl^3}{192EJ}$	A, B, C
	$A = B = \frac{Q}{2};$ $Q = ql;$ $M_{\max} = \frac{Ql}{12}$	$Q_d = \frac{12\sigma_n Z}{l}$	$\frac{Ql^3}{384EJ}$	A, B
	$A = B = P;$ $M_{\max} = Pc =$ $= \text{const}$	$P_d = \frac{\sigma_n Z}{c}$	$f_1 = \frac{Pl^3 c}{8EJl}$ $f_2 = \frac{Pc^2}{3EJ} \times$ $\times \left(c + \frac{3l}{2}\right)$	Все сечения
	$A = B = \frac{Q}{2};$ $Q = ql;$ $M_{\max} = \frac{Q(2l-a)}{8}$	$Q_d = \frac{8\sigma_n Z}{2l-a}$	$\frac{Q}{384EJ} \times$ $\times (8l^3 - 4l^2 a +$ $+ a^3)$	D

25. Расчет прямых стержней постоянного сечения на устойчивость

В общем случае величину критической силы $P_{кр}$, при которой прямолинейная форма стержня становится неустойчивой, определяют по формуле Эйлера:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 E J}{l_{пр}^2},$$

где E — модуль продольной упругости материала стержня (модуль Юнга); J — минимальный осевой момент инерции поперечного сечения стержня; $l_{пр}$ — приведенная длина стержня ($l_{пр} = \nu l$, здесь ν — коэффициент приведения, зависящий от схемы нагружения и закрепления стержня).

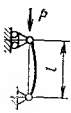
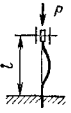
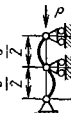
Критическое напряжение

$$\sigma_{кр} = \frac{P_{кр}}{F} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2},$$

где $\lambda = \frac{l_{пр}}{i}$ — гибкость стержня (i — минимальный радиус инерции поперечного сечения стержня, см. табл. 26).

Схемы нагружения и закрепления стержней

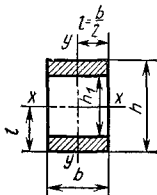
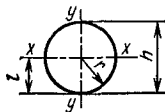
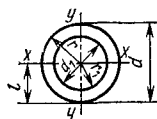
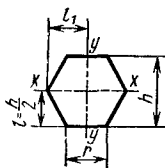
Обозначения: $P_{кр}$ — критическая сила; $l_{пр}$ — приведенная длина стержня; J — минимальный допустимый осевой момент инерции поперечного сечения стержня при силе P

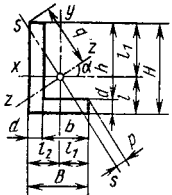
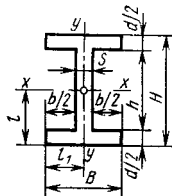
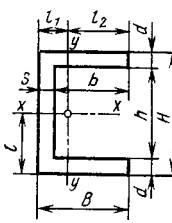
Схема	$P_{кр}$	$l_{пр}$	J	Схема	$P_{кр}$	$l_{пр}$	J
	$\frac{\pi^2 E J}{l^2}$	l	$\frac{P l^2}{\pi^2 E}$		$\frac{4\pi^2 E J}{l^2}$	$\frac{l}{2}$	$\frac{P l^2}{2\pi^2 E}$
	$\frac{\pi^2 E J}{4l^2}$	$2l$	$\frac{4P l^2}{\pi^2 E}$		$\frac{2\pi^2 E J}{l^2}$	$0,707l$	$\frac{P l^2}{2\pi^2 E}$
	$\frac{\pi^2 E J}{l^2}$	l	$\frac{P l^2}{\pi^2 E}$		$\frac{4\pi^2 E J}{l^2}$	$\frac{l}{2}$	$\frac{P l^2}{4\pi^2 E}$

26. Свевые моменты инерции, моменты сопротивления и минимальный радиус инерции для наиболее распространенных профилей

Форма сечения	Осевой момент инерции, см ⁴	Момент сопротивления, см ³	Минимальный радиус инерции поперечного сечения, см
	$J_x = \frac{bh^3}{12};$ $J_y = \frac{b^3h}{12}$	$Z_x = \frac{bh^2}{6};$ $Z_y = \frac{b^2h}{6}$	$i_x = \frac{h}{\sqrt{12}};$ $i_y = \frac{b}{\sqrt{12}}$
	$J_x = J_y = \frac{h^4}{12}$	$Z_x = Z_y = \frac{h^3}{6}$	$i_x = i_y = \frac{h}{\sqrt{12}}$
	$J_x = \frac{bh^3 - b_1h_1^3}{12};$ $J_y = \frac{b^3h - b_1^3h_1}{12}$	$Z_x = \frac{bh^3 - b_1h_1^3}{6h};$ $Z_y = \frac{b^3h - b_1^3h_1}{6b}$	$i_x = \sqrt{\frac{bh^3 - b_1h_1^3}{12(bh - b_1h_1)}};$ $i_y = \sqrt{\frac{b^3h - b_1^3h_1}{12(bh - b_1h_1)}}$
	$J_x = J_y = \frac{h^4 - h_1^4}{12}$	$Z_x = Z_y = \frac{h^4 - h_1^4}{6h}$	$i_x = i_y = \sqrt{\frac{h^4 - h_1^4}{12h^2}}$
	$J_x = J_y = \frac{h^4}{12}$	$Z_x = Z_y = \frac{h^3\sqrt{2}}{12}$	$i_x = i_y = \frac{h}{\sqrt{12}}$

Продолжение табл. 26

Форма сечения	Осевой момент инерции, см ⁴	Момент сопротивления, см ³	Минимальный радиус инерции поперечного сечения, см
	$J_x = \frac{b}{12} (h^3 - h_1^3);$ $J_y = \frac{b^3}{12} (h - h_1)$	$Z_x = \frac{b (h^3 - h_1^3)}{6h};$ $Z_y = \frac{b^2 (h - h_1)}{6}$	$i_x = \sqrt{\frac{h^3 - h_1^3}{12(h - h_1)}};$ $i_y = \frac{b}{\sqrt{12}}$
	$J_x = J_y = \frac{\pi d^4}{64}$	$Z_x = Z_y = \frac{\pi d^3}{32}$	$i_x = i_y = \frac{d}{4} = \frac{r}{2}$
	$J_x = J_y = \frac{\pi}{64} \times$ $\times (d^4 - d_1^4) =$ $= \frac{\pi}{4} (r^4 - r_1^4)$	$Z_x = Z_y =$ $= \frac{\pi}{32} \frac{d^4 - d_1^4}{d} =$ $= \frac{\pi}{4} \frac{r^4 - r_1^4}{r}$	$i_x = i_y =$ $= \frac{\sqrt{d^4 - d_1^4}}{4}$
	$J_x = J_y =$ $= 0,5431 r^4$	$Z_x = 0,6250 r^3$ $Z_y = 0,5413 r^3$	$i_x = i_y = 0,4565 r$

Форма сечения	Осевой момент инерции, см ⁴	Момент сопротивления, см ³	Минимальный радиус инерции поперечного сечения, см
	$J_x =$ $= \frac{1}{3} [d(H-l)^3 +$ $+ Bl^3 - b(l-d)^3];$ $J_y = \frac{1}{3} \times$ $\times [d(B-l_2)^3 +$ $+ Hl_2^3 -$ $- h(l_2-d)^3];$ $J_y \cos^2 \alpha -$ $- J_x \sin^2 \alpha;$ $J_s = \frac{\cos 2\alpha}{\cos 2\alpha};$ $J_x \cos^2 \alpha -$ $- J_y \sin^2 \alpha$ $J_z = \frac{\cos 2\alpha}{\cos 2\alpha}$	$Z_x = \frac{J_x}{l_1};$ $Z_y = \frac{J_y}{l_2};$ $Z_s = \frac{J_s}{p};$ $Z_z = \frac{J_z}{s}$	$i_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}};$ $i_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}};$ $i_s = \sqrt{\frac{J_s}{F}};$ $i_z = \sqrt{\frac{J_z}{F}};$ $F = d(b+H)$
	$J_x =$ $= \frac{1}{12} (BH^3 - bh^3);$ $J_y = \frac{1}{12} (dB^3 + hs)$	$Z_x = \frac{BH^3 - bh^3}{6H};$ $Z_y = \frac{dB^3 + hs^3}{6B}$	$i_x =$ $= \sqrt{\frac{BH^3 - bh^3}{12(BH - bh)}};$ $i_y =$ $= \sqrt{\frac{dB^3 + hs^3}{12(BH - bh)}}$
	$J_x =$ $= \frac{1}{12} (BH^3 - bh^3);$ $J_y =$ $= \frac{1}{12} (Hs^3 + db^3) +$ $+ Hs \left(l_1 - \frac{1}{2}s \right)^2 +$ $+ bd \left(l_2 - \frac{1}{2}b \right)^2 =$ $= \frac{1}{3} [Hl_1^3 - h \times$ $\times (l_1 - s)^3 + dl_2^3]$	$Z_x = \frac{BH^3 - bh^3}{6H};$ $Z_{y1} = \frac{J_y}{l_1};$ $Z_{y2} = \frac{J_y}{l_2}$	$i_x =$ $= \sqrt{\frac{BH^3 - bh^3}{12(BH - bh)}};$ $i_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}};$ $F = BH - bh$

27. Электрическое сопротивление r (Ом) 1 м проволоки в зависимости от ее диаметра d и материала (при 20 °С)

d , мм	Проволока				
	медная	вольфра- мовая	стальная	никели- новая	нихромо- вая
0,05	8,66	28	51	204	510
0,10	2,16	7,0	12,7	51	128
0,30	0,240	0,778	1,41	5,41	14,14
0,50	0,087	0,280	0,51	2,04	5,10
0,70	0,044	0,143	0,260	1,04	2,60
1,0	0,0216	0,070	0,127	0,51	1,28
1,2	0,0150	0,0486	0,088	0,351	0,884
1,4	0,0110	0,0357	0,065	0,260	0,650
1,6	0,0085	0,0273	0,0497	0,199	0,498
1,8	0,0067	0,0216	0,0393	0,157	0,393
2,0	0,0054	0,0175	0,0318	0,127	0,318
2,6	0,0035	0,0112	0,0204	0,081	0,204
3,0	0,0024	0,0078	0,0141	0,057	0,142

28. Длина l проводника, имеющего электрическое сопротивление 1 Ом

Материал	l , м		Материал	l , м	
	при диа- метре 1 мм	при пло- щади попереч- ного сечения 1 мм ²		при диа- метре 1 мм	при пло- щади попереч- ного сечения 1 мм ²
Алюминий	29,0	37,0	Никелин	0,9	1,8
Вольфрам	14,3	18,1	Нихром	0,7	0,9
Железо	8,0	10,3	Свинец	3,8	4,8
Медь	43,2	58,8	Серебро	49,0	62,5

Электрическая прочность электроизоляционных материалов определяется напряженностью поля, при которой происходит пробой диэлектрика толщиной 1 мм.

29. Электрическая прочность материалов

Материал	$E_{пр}$, кВ/мм	Материал	$E_{пр}$, кВ/мм	Материал	$E_{пр}$, кВ/мм
Сухая береза	4	Полиэтилен	40	Фарфор электро- технический	20
Парафин	25	Резина	20	Фибра	5
Плексиглас	18	Слюда	100	Фторопласт-4	25
Полистирол	30	Стекло	25	Эбонит	25

30. Удельное электрическое сопротивление ρ некоторых электроизоляционных материалов (при 20 °C)

Материал	ρ , Ом·м	Материал	ρ , Ом·м
Битум	10^{13} — 10^{14}	Слюда	10^{12} — 10^{16}
Воск пчелиный	10^{11} — 10^{12}	Стекло	10^6 — 10^{15}
Гетинакс	10^8 — 10^9	Текстолит	10^8 — 10^9
Древесина (сухая)	10^6 — 10^7	Фарфор электротех- нический	$7 \cdot 10^{10}$ — $4 \cdot 10^{11}$
Канифоль	10^{12} — 10^{13}	Фибра	10^{11}
Капрон	10^{10} — 10^{11}	Фторопласт-4	10^{16} — 10^{17}
Лавсан	10^{14} — 10^{16}	Церазин	10^{13}
Мрамор	10^8 — 10^9	Шифер	10^4 — 10^6
Парафин	10^{14} — 10^{16}	Эбонит	$(2,6—3,4) \cdot 10^{13}$
Полистирол	10^{13} — 10^{15}	Эскапон	10^{13} — 10^{15}
Полиэтилен	10^{13} — 10^{15}	Эпоксидные смолы	10^{11} — 10^{13}
Резина электроизоля- ционная	10^{13}		

31. Удельное электрическое сопротивление ρ электролитов (при 18 °C)

Раствор	Концен- трация раствора, %	ρ , Ом·м	Раствор	Концен- трация раствора, %	ρ , Ом·м
Едкий натр	5	0,051	Кислота: серная	5	0,048
	20	0,030		20	0,015
Медный купорос	5	0,529	соляная	5	0,025
	10	0,315		20	0,013
Поваренная соль	5	0,149			
	20	0,051			

32. Охлаждающие смеси

Соль	Смеси			
	соли с водой *1		соли со льдом *2	
	m , г	Δt , °C	m , г	t , °C
Азотнокислый аммоний [(NH ₄ NO ₃) се- литра аммиачная]	60	27,2	45	—17,3
Азотнокислый натрий (NaNO ₃)	75	18,5	59	—18,5
Хлористый аммоний (NH ₄ Cl)	30	18,4	25	—15,8
Хлористый калий (KCl)	30	12,6	30	—11
Хлористый кальций (CaCl ₂)	127	23	30	—11
Хлористый натрий [(NaCl) поваренная соль]	36	2,5	33	—21,2

*1 Смесь m граммов соли со 100 г воды при 10—15 °C снижает температу-
ру на Δt °C.

*2 Смесь m граммов соли со 100 г льда (или снега) вызывает пониже-
ние температуры до t °C.

При смешении указанных солей со 100 г льда (или снега) происходит охлаждение на Δt °C.

Смесь солей	Δt , °C	Смесь солей	Δt , °C
38 г KNO_3 + 13 г NH_4Cl	31	13 г NH_4Cl + 37,5 г $NaNO_3$	30,7
20 г NH_4Cl + 40 г $NaCl$	30	41,6 г NH_4NO_3 + 41,6 г $NaCl$	40

33. Плотность ρ некоторых твердых тел (при 20° C)

Материал	ρ , кг/м³	Материал	ρ , кг/м³
Алмаз	3511	Константан	8900
Алюминий	2700	Латунь	8500—8700
Асфальт	1100—2800	Лед (при 0° C)	917
Бетон	1800—2400	Магний	1738
Бумага	700—1100	Медь	8960
Вольфрам	19300	Мрамор	2600—2800
Воск	960	Натрий	971
Гранит	2500—2900	Никелин	8500—8800
Графит	2100—2520	Нихром	8200—8500
Дерево сухое:		Олово	7310
береза	600—800	Парафин	900
дуб	700—1000	Платина	21450
ель	400—700	Платиноиридиевый сплав	21600
кедр	300—400	Пробка	200—260
клен	500—800	Свинец	11350
липа	300—600	Серебро	10500
ольха	400—600	Смола	1070
орех	600—700	Соль поваренная	2200
сосна	400—700	Сталь	7700—7900
ясень	600—800	Стеарин	1000
Дюралюмин	2700—2900	Стекло	2400—2700
Железо	7900	Фарфор	2200—2500
Золото	19320	Цинк	7140
Инвар	7900	Чугун:	
Каменный уголь	1200—1500	белый	7200—7700
Канифоль	1070	серый	6600—7400
Каучук	911	Эбонит	1200
Кирпич	1400—1600	Янтарь	1100

34. Плотность ρ некоторых жидкостей

Жидкость	ρ , кг/м ³	Жидкость	ρ , кг/м ³
Азот (—196 °С)	804	Медный купорос:	
Азотная кислота (100%-ная)	1500	10 %-ный	1107
Бензин	700—800	20 %-ный	1230
Вода	998	Нефть	730—940
Водород (—194 °С)	70,8	Раствор поваренной соли в воде:	
Глицерин	1260	10 %-ный	1071
Дизельное топливо	860	20 %-ный	1148
Керосин	800	Ртуть	13546
Кислород (—182 °С)	1142	Серная кислота (дымящаяся)	1830
Масло:		Скипидар	870
растительное	910—970	Соляная кислота	1100
касторовое	960	20 %-ная	790
подсолнечное рафинированное	926	Спирт метиловый и этиловый	710
трансформаторное	840—890	Эфир этиловый	

Примечание. Плотности жидкостей указаны при 20 °С (если не указана иная температура).

35. Удельная теплоемкость c твердых тел

Твердое тело	t , °С	c	
		кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
Алюминий	16—100	0,88	0,21
Бетон	18	0,92	0,22
Бронза	14—98	0,38	0,09
Вольфрам	20—100	0,13	0,03
Дерево сухое:			
дуб	0—100	2,40	0,57
ель, сосна	0—100	2,70	0,65
Железо	18—100	0,46	0,11
Золото	0—100	0,13	0,03
Кирпич	18	0,75	0,18
Кремний	0—99	0,71	0,17
Латунь	20—100	0,38	0,09
Лед	40—0	2,09	0,5
Медь	18—100	0,38	0,09
Никелин	18—100	0,46	0,11
Никель	15—100	0,46	0,11
Нихром	20	0,46	0,11
Олово	18—100	0,20	0,05
Парафин	18	3,20	0,77
Песок	20—100	0,79	0,19
Платина	0—100	0,13	0,03
Пробка	18	2,05	0,49
Свинец	18—100	0,13	0,03
Серебро	15—100	0,20	0,05
Сталь:			
1,25 % С	10—13	0,50	0,12
0,07—0,15 % С	0—100	0,46	0,11
Стекло	10—15	0,67—0,83	0,16—0,20
Фарфор	15—200	0,75	0,18
Чугун	0—100	0,54	0,13

36. Удельная теплоемкость c жидкостей

Жидкость	$t, ^\circ\text{C}$	c	
		$\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$	$\text{ккал}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$
Бензин	20	2,09	0,50
Вода	20	4,22	1,006
Глицерин	15—20	2,43	0,58
Керосин	20	2,21	0,53
Масло трансформаторное	20	2,09	0,50
Ртуть	20	0,14	0,033
Скипидар	18	1,76	0,42
Спирт этиловый	15—30	2,51	0,60
Эфир этиловый	18	2,34	0,56

37. Удельная теплоемкость c воды при различной температуре t
(при давлении 101 325 Па)

$t, ^\circ\text{C}$	c		$t, ^\circ\text{C}$	c		$t, ^\circ\text{C}$	c	
	$\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$	$\text{ккал}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$		$\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$	$\text{ккал}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$		$\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$	$\text{ккал}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$
0	4,212	1,006	40	4,174	0,997	80	4,195	1,002
10	4,191	1,001	50	4,174	0,997	90	4,208	1,005
20	4,183	0,999	60	4,178	0,998	100	4,220	1,008
30	4,174	0,997	70	4,187	1,000			

38. Диэлектрическая проницаемость (относительная ϵ и абсолютная ϵ_a) для некоторых веществ при 20°C

$\epsilon_a = \epsilon \cdot \epsilon_0$, где ϵ_0 — электрическая постоянная (диэлектрическая проницаемость вакуума), равная $\sim 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м = 8,85 пФ/м

Вещество	ϵ	ϵ_a , пФ/м	Вещество	ϵ	ϵ_a , пФ/м
Газы			Масло:		
Азот	1,00060	8,85531	касторовое	4,5—4,8	40—42
Водород	1,00027	8,85238	трансформаторное	2,1—2,4	18—21
Воздух	1,00058	8,85491	Скипидар	2,2	19
Кислород	1,00055	8,85487	Спирт этиловый	25,0	221
Углекислый газ	1,00096	8,85850	Эфир этиловый	4,4	39
Жидкости			Твердые тела		
Бензин	1,9—2,0	17—18	Бумага сухая	2,0—2,5	18—22
Вода	81,0	717	Воск пчелиный	2,8—2,9	25—26
Глицерин	39,1	346	Гетинакс	3,5—6,5	31—57
Керосин	2,1	18,6	Дерево	2,2—3,7	19—33

Продолжение табл. 38

Вещество	ε	ε_a , пФ/м	Вещество	ε	ε_a , пФ/м
Канифоль	3,0—3,5	27—32	Резина	2,6—3,0	23—27
Капрон	3,6—5,0	32—44	Слюда	4,0—8,0	35—71
Мрамор	8,0—10,0	71—98	Стекло	5,0—10,0	44—88
Парафин	1,9—2,2	17—19	Текстолит	7,0	62
Плексиглас	3,0—3,6	27—32	Титанат бария	1200	10 600
Полихлорвинил	3,0—5,0	27—44	Фарфор	4,4—6,8	39—60
Полиэтилен	2,2—2,4	19—21	Эбонит	4,0—4,5	35—40

39. Удельное электрическое сопротивление ρ проводников (при 20 °С)

Проводник	ρ , мкОм·м	Проводник	ρ , мкОм·м
Алюминий	0,028	Никель	0,073
Бронза оловянистая	0,18	Олово	0,12
Вольфрам	0,055	Платина	0,105
Графит	8,0—20,0	Ртуть	0,958
Железо	0,098	Свинец	0,21
Золото	0,024	Серебро	0,016
Латунь	0,063	Сталь	0,10—0,14
Магний	0,047	Цинк	0,059
Медь	0,017	Чугун	0,5

Для справки: $1 \text{ Ом} \cdot \text{м} = 100 \text{ Ом} \cdot \text{см} = 10^6 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м} = 1 \text{ МОм} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$;
 $1 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м} = 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м} = 1 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$. Например, для меди $\rho =$
 $= 0,017 \text{ мкОм} \cdot \text{м} = 0,017 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{см} = 0,017 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м} = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$

40. Удельное электрическое сопротивление ρ жидкостей (при 20 °С)

Жидкость	ρ , Ом·м	Жидкость	ρ , Ом·м
Бензин	10^{10} — 10^{13}	Касторовое масло	10^{10} — 10^{11}
Вода:		Керосин	10^{10}
дистиллирован-	10^8 — 10^4	Нефть	$3 \cdot 10^9$
ная		Скипидар	$5 \cdot 10^{10}$
морская	0,3	Спирт этиловый	10^4 — 10^5
речная	10—100	Трансформаторное	10^{10} — 10^{13}
Воздух жидкий	10^{16}	масло	

ГЛАВА II

МАТЕРИАЛЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Механические, физические и технологические свойства материалов. Качество материалов оценивается механическими, физическими и технологическими свойствами. Первые два оценивают техническую пригодность материала, а третьи — условия его обработки.

К основным механическим свойствам металлов и сплавов относятся следующие:

предел текучести σ_T — растягивающее напряжение, при котором деформация начинает расти без увеличения нагрузки;

предел прочности при растяжении (временное сопротивление разрыву) σ_B — условное напряжение, получаемое делением максимальной нагрузки $P_{\max}$ на площадь поперечного сечения F :

$$\sigma_B = \frac{P_{\max}}{F};$$

предел прочности при сжатии σ_C ;

относительное удлинение δ (δ_5) — частное от деления остаточного удлинения (разности между длиной сложенных частей разорванного образца l_1 и первоначальной его длиной l_0) на первоначальную длину рабочей части *1;

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} 100 \%;$$

при длине рабочей части $l_0 = 5 \sqrt{\frac{4F}{\pi}}$ (где F — площадь поперечного сечения) относительное удлинение обозначается δ_5 и будет больше,

чем δ_{10} , полученное у образцов с длиной рабочей части $l_0 = 10 \sqrt{\frac{4F}{\pi}}$;

относительное сужение ψ определяется как частное от деления разности площадей поперечного сечения начального и минимального (в месте разрыва) на первоначальную площадь этого сечения:

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} 100 \%;$$

ударная вязкость a_H определяется при изломе образца размером $10 \times 10 \times 55$ мм с закругленным надрезом глубиной 2 мм посередине

*1 Перечисленные характеристики определяются при растяжении образцов с головками и цилиндрической (призматической) рабочей частью.

на маятниковом копре и выражается отношением работы излома A к площади поперечного сечения F в месте надреза (нож маятника ударяет по обратной стороне в месте надреза):

$$a_n = \frac{A}{F} = 1,25A;$$

предел прочности хрупких материалов при статическом изгибе σ_n — максимальное напряжение при изломе образца прямоугольного сечения шириной b и высотой h или круглого сечения диаметром d изгибающим моментом M :

$$\sigma_n = \frac{6M}{bh^2} \quad \text{или} \quad \sigma_n = \frac{32M}{\pi d^3}.$$

При изгибе образца, лежащего на опорах, с расстоянием между ними l

$$\sigma_n = \frac{3Pl}{2bh^2} \quad \text{или} \quad \sigma_n = \frac{8Pl}{\pi d^3};$$

твердость по Бринеллю — отношение нагрузки, вдавливающей стальной шарик в испытуемый металл или сплав, к площади поверхности сферической лунки в металле (сплаве):

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{P}{\pi Dh} = \frac{2P}{\pi D \sqrt{D^2 - d^2}},$$

где D — диаметр шарика (10; 5; 2,5 мм); d — измеренный диаметр отпечатка, мм; h — глубина отпечатка; при нагрузках, равных $30D^2$, $10D^2$, $2,5D^2$ (D , мм) твердость определяют по таблицам без вычислений; метод рекомендуется при HB не выше 450 кгс/мм².

твердость по Виккерсу — отношение нагрузки на стандартную пирамиду при вдавливании ее вершины в испытуемый материал к площади поверхности пирамидального отпечатка:

$$HV = \frac{P}{F} = 1,8544 \frac{P}{D^2},$$

где D — диагональ отпечатка;

твердость по Роквеллу — условная характеристика, значение которой отсчитывают по шкале твердомера; в зависимости от условий определения различают твердость HRA — для очень твердых материалов (по шкале A); HRB — для мягкой стали (по шкале B); HRC — для закаленной стали (по шкале C).

Основные физические характеристики материалов следующие:
плотность — отношение массы вещества M к его объему V :

$$\gamma = \frac{M}{V};$$

температура плавления $t_{пл}$ — температура превращения твердого вещества в жидкое;

коэффициент теплопроводности λ — отношение произведения количества тепла Q , проходящего через пластинку материала, на толщину

пластинки l к площади пластинки F , умноженной на разность температур на ее сторонах $(t_1 - t_2)$ и на время τ :

$$\lambda = \frac{Ql}{F(t_1 - t_2)\tau};$$

коэффициент линейного расширения α — линейная деформация материала при изменении температуры на 1°C .

Основные технологические свойства следующие:

обрабатываемость металла резанием оценивается скоростью затупления реза при точении на заданных режимах резания с обеспечением необходимых параметров шероховатости поверхности и выражается в процентах от обрабатываемости стали повышенной обрабатываемости резанием или свинцовистой латуни соответственно для сталей или медных сплавов;

обрабатываемость давлением в горячем и холодном состояниях оценивают различными технологическими пробами (на осадку, на изгиб, на вытяжку сферической лунки и др.), характеристиками пластичности, твердости и упрочнения материала при температуре обработки;

свариваемость — способность металлов и сплавов образовывать неразъемные соединения с требуемыми механическими характеристиками; ее оценивают сравнением свойств сварных соединений со свойствами основного металла или сплава; свариваемость считается тем выше, чем больше способов сварки может быть применено, шире пределы допускаемых режимов сварки; для оценки технологической свариваемости определяют структуру, механические свойства и склонность к образованию трещин металла шва и околошовной зоны.

Литейные свойства определяются совокупностью показателей (температурами плавления, кипения, заливки и кристаллизации; плотностью и жидкотекучестью расплава; литейной усадкой и др.). Оптимальные показатели позволяют получить отливки без внутренних и внешних дефектов.

Упрочняемость металлов и сплавов определяется способностью материала приобретать более высокую прочность после термической или механической обработки.

Структура металлов. Металлы и сплавы при одном и том же химическом составе могут иметь различное структурное строение в зависимости от применяемых методов и режимов термической и механической обработки. Различают макро- и микроструктуру металлов. Методы контроля структуры металлов и сплавов стандартизованы (ГОСТ 3443—77; ГОСТ 5639—65; ГОСТ 5640—68; ГОСТ 8233—56; ГОСТ 21073.0—75 ÷ 21073.4—75).

Макроструктуру стали оценивают на протравленных образцах по шести показателям путем сравнения с эталоном: 1) центральной пористости — мелким пустотам, не завариваемым при горячей обработке давлением; 2) ликвации — неоднородности отдельных участков металла по химическому составу, структуре, неметаллическим и газовым включениям; 3) подкорковым пузырям — мелким пустотам, расположенным вблизи поверхности или на поверхности заготовки; 4) монокристаллическим трещинам — тонким извилистым полоскам от оси заготовки; 5) послойной кристаллизации — чередующимся слоям металла в виде узких светлых и темных полос; 6) светлой полоске — яркой концентрической полоске металла пониженной травленности.

Дефекты поверхности и формы прокатанных изделий установлены ГОСТ 20847—75 и ГОСТ 21014—75. Оценку проводят по 96 параметрам. На изломах макроструктуру оценивают путем сравнения с нормативными макроструктурами, приведенными в ГОСТ 10243—75, по 25 параметрам.

Условные обозначения основных элементов металлов и сплавов приведены в табл. 1, марок материалов—в табл. 2, видов термической обработки стали—в табл. 3.

1. Условные обозначения основных элементов и сплавов

Элемент	Символ	Принятое обозначение элементов в марках металлов и сплавов		Элемент	Символ	Принятое обозначение элементов в марках металлов и сплавов	
		черных	цветных			черных	цветных
Азот	N	А	—	Неодим	Nd	—	Нм
Алюминий	Al	Ю	А	Никель	Ni	Н	Н
Барий	Ba	—	Бр	Ниобий	Nb	Б	Нп
Бериллий	Be	Л	—	Олово	Sn	—	О
Бор	B	Р	—	Осмий	Os	—	Ос
Ванадий	V	Ф	Вам	Палладий	Pd	—	Пд
Висмут	Bi	Ви	Ви	Платина	Pt	—	Рл
Вольфрам	W	В	—	Празеодим	Pr	—	Пр
Гадолиний	Gd	—	Гм	Рений	Re	—	Ре
Галлий	Ga	Гл	Гл	Родий	Rh	—	Рд
Гафний	Hf	—	Гф	Ртуть	Hg	—	Р
Германий	Ge	—	Г	Рутений	Ru	—	Ру
Гольмий	Ho	—	ГОМ	Самарий	Sm	—	Сам
Диспрозий	Dy	—	ДИМ	Свинец	Pb	—	С
Европий	Eu	—	Ев	Селен	Se	Е	СТ
Железо	Fe	—	Ж	Серебро	Ag	—	Ср
Золото	Au	—	Зл	Скандий	Sc	—	Скм
Индий	In	—	Ин	Сурьма	Sb	—	Су
Иридий	Ir	—	И	Таллий	Tl	—	Тл
Иттербий	Yb	—	ИТМ	Тантал	Ta	—	ТТ
Иттрий	Y	—	ИМ	Теллур	Te	—	Т
Кадмий	Cd	Кд	Кд	Тербий	Tb	—	Том
Кобальт	Co	К	К	Титан	Ti	Т	ТПД
Кремний	Si	С	Кр (К)	Тулий	Tu	—	ТУМ
Лантан	La	—	Ла	Углерод	C	У	—
Литий	Li	—	Лэ	Фосфор	P	П	Ф
Лютеций	Lu	—	Люм	Хром	Cr	Х	Х (Хр)
Магний	Mg	Ш	Мг	Церий	Ce	—	Се
Марганец	Mn	Г	Мц (Мр)	Цинк	Zn	—	Ц
Медь	Cu	Д	М	Цирконий	Zr	Ц	ЦЭВ
Молибден	Mo	М	—	Эрбий	Er	—	Эрм

2. Условные обозначения марок материалов

Материал	Обозначение
Сталь Углеродистая обыкновенного качества (ГОСТ 380—71)	Буквами Ст и цифрами 0, 1, 2, 3 и т. д. до 6. Увеличение номера указывает на повышение содержания углерода и временного сопротивления (Ст1, Ст2). Слева от

Продолжение табл. 2

Материал	Обозначение
Углеродистая обыкновенного качества (ГОСТ 380—71)	букв Ст ставят букву Б или В, которые обозначают группу стали (группа А в обозначении марки стали не указывается). Если сталь кипящая, то после цифр ставят буквы кп, полуспокойная — пс, спокойная — сп. Эти индексы обозначают степень раскисления стали
Углеродистая качественная (ГОСТ 1050—74 **)	Друмя цифрами: 05, 08, 10, 15, 20 и т. д. до 40, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента (08, 15, 30, 45). Если сталь кипящая, после цифр ставят буквы кп, полуспокойная — пс (08кп, 20пс)
Легированная конструкционная, качественная, рессорно-пружинная	Первые две цифры указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента, а буквы за цифрами означают, что в составе стали находятся легирующие элементы (обозначения элементов см. выше) (40Х, 40ХН, 30ХГС). Цифры, стоящие после букв, указывают примерное содержание легирующего элемента в целых единицах процента (35Г2, 30Х2, ГН2). Если содержание легирующего элемента менее 1,5% — цифра отсутствует (50Х, 15ХР, 30ХГС). Буква А в конце обозначений марок указывает, что сталь высококачественная (15ХА, 20ХН3А)
Углеродистая инструментальная (ГОСТ 1435—74)	Буквой У и цифрами, показывающими среднее содержание углерода в десятых долях процента (У7, У8). Для высококачественной стали в конце ставят букву А (У8А)
Легированная инструментальная (ГОСТ 5950—73 *)	Первые цифры означают среднее содержание углерода в десятых долях процента. Они могут не указываться, если содержание углерода в стали меньше 0,1% (9Х, 4ХС, 5ХГН). Цифры, стоящие после букв, обозначающих легирующий элемент, показывают среднее содержание легирующего элемента в целых единицах процента (Х12, Х12М, 8Х3)
Подшипниковая	Буквами ШХ и цифрами, показывающими содержание хрома в десятых долях процента. Буквы после цифр показывают наличие дополнительных легирующих элементов
Конструкционная повышенной и высокой обрабатываемости резанием (ГОСТ 1414—75)	Буквой А и цифрами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента (А12)
Чугун Серый (ГОСТ 1412—79)	Буквами СЧ и двузначным числом, обозначающим предел прочности при растяжении в кгс/мм² (СЧ10) легирующих элементов. Первое число означает содержание меди в процентах, остальные числа — содержание других элементов в той последовательности, в которой они стоят (ЛМцС 58—2—2)

Материал	Обозначение
Ковкий (ГОСТ 1215—59)	Буквами КЧ. Первое двузначное число обозначает предел прочности при растяжении в кгс/мм ² , второе число — относительное удлинение в % (КЧ 30—6)
Жаростойкий (ГОСТ 7769—75)	Первыми двумя буквами ЖЧ и последующими буквами, показывающими наличие легирующих элементов. Цифры обозначают последовательно среднее содержание легирующих элементов в процентах. Последняя буква Ш означает, что чугуны с шаровидным графитом (ЖЧСШ)
Алюминиевые сплавы Литейные	Буквами АЛ, после которых указывается номер сплава (АЛ2)
Деформируемые	Буквами Д, АК, АМ, ВД и В, после которых указывается номер сплава (Д16)
Магнелиевые сплавы Литейные	Буквами МЛ, после которых указывается номер сплава (МЛ5)
Деформируемые	Буквами МА; за ними следует номер сплава (МА3)
Латуни	Первой буквой Л — латунь и другими буквами, показывающими содержание
Бронзы	Первыми двумя буквами Бр — бронза и последующими, показывающими только легирующие элементы. Цифры указывают их процентное содержание (БрО 4—4)
Медноникелевые сплавы	Первыми двумя буквами МН и последующими, показывающими элементы сплава. Первое число означает содержание никеля и кобальта в процентах, остальные числа — содержание других элементов в той последовательности, в которой стоят буквы (МНЖМЦ 30—0,8—1)
Баббиты (ГОСТ 1320—74)	Буквой Б и числом, показывающим содержание олова в процентах (Б88)
Сплавы твердые спеченные (ГОСТ 3882—74) *	Группа ВК — вольфрамовые; цифра после буквы К означает содержание кобальта в процентах. Группа Т — титановольфрамовые; цифра после Т означает содержание карбида титана. Группа ТТ — титанотанталовольфрамовые; цифра после Т указывает суммарное содержание карбидов титана и тантала

3. Условные обозначения видов термической обработки

Вид обработки	Обозначение	Вид обработки	Обозначение	Вид обработки	Обозначение
Отжиг	О	Закалка с охлаждением в масле на твердость <i>HRC</i> 46—50	М48	Цементация и закалка с охлаждением в воде на твердость <i>HRC</i> 46—50	Ц-В48
Нормализация	Н	Закалка изотермическая на твердость <i>HRC</i> 46—50	ИЗ048	Цементация и закалка с нагревом ТВЧ на твердость <i>HRC</i> 46—50	Ц-ТВЧ48
Улучшение	У	Закалка с нагревом ТВЧ на твердость <i>HRC</i> 46—50	ТВЧ48	Жидкостная цементация	ЦЖ
Закалка с охлаждением в воде на твердость <i>HRC</i> 30—40	В35	Цементация и закалка с охлаждением в масле на твердость <i>HRC</i> 46—50	Ц-М48	Азотирование на твердость <i>HRC</i> 46—50	АТ48

Маркировка сортовой стали и твердых сплавов. На каждой штанге стали с погонной массой более 20 кг должна быть поставлена марка стали. На штангах с погонной массой до 20 кг клейма ставят на прикрепляемых к связкам стали бирках (пластинках). Применяют также окраску торцов или концов прутков или целых пакетов (табл. 4).

4. Цвета краски материалов различных групп

Группа	Цвет краски
Сталь обыкновенного качества	
Ст0; ВСт0, БСт0	Красный и зеленый
Ст1; ВСт1кп	Белый и черный
Ст2; ВСт2кп	Желтый
Ст3; ВСт3кп; ВСт3; БСт3кп; ВСт3	Красный
Ст4; ВСт4кп; ВСт4; БСт4кп; ВСт4	Черный
Ст5; ВСт5	Зеленый
Для подгруппы В дополнительно	Алюминиевый
Сталь углеродистая качественная	
08; 10; 15; 20	Белый
25; 30; 35; 40	Белый и желтый
45; 50; 55; 60	Белый и коричневый
Сталь легированная конструкционная	
Хромистая	Зеленый и желтый
Хромомолибденовая	Зеленый и фиолетовый
Хромованадиевая	Зеленый и черный

Продолжение табл. 4

Группа	Цвет краски
Марганцовистая Хромомарганцовая Хромокремнистая Хромокремнемарганцовая Никельмолибденовая Хромоникелевая Хромоникелемолибденовая Хромоалюминиевая	Коричневый и синий Синий и черный Синий и красный Красный и фиолетовый Желтый и фиолетовый Желтый и черный Фиолетовый и черный Алюминиевый
Сталь коррозионностойкая	
Хромистая Хромоникелевая Хромотитановая Хромоникелекремнистая Хромоникелетитановая Хромоникелениобиевая Хромомарганценикелевая Хромоникелемолибденотитановая	Алюминиевый и черный Алюминиевый и красный Алюминиевый и желтый Алюминиевый и зеленый Алюминиевый и синий Алюминиевый и белый Алюминиевый и коричневый Алюминиевый и фиолетовый
Сталь быстрорежущая	
Р18	Бронзовый и красный
Р9	Бронзовый
Твердые металлокерамические сплавы	
ВК2	Черный с белой полосой
ВК3-М	Черный с оранжевой полосой
ВК4	Оранжевый
ВК6	Синий
ВК3-М	Синий с белой полосой
ВК6-В	Фиолетовый
ВК8	Красный
ВК8-В	Красный с синей полосой
ВК10	Красный с белой полосой
ВК15	Белый
Т15К6	Зеленый
Т30К4	Голубой

Марку стали по искре определяют по табл. 5, а цвета каления и побежалости стали соответственно по табл. 6—8.

5. Определение марки стали по искре

Сталь	Цвет и характеристика пучка искр
Низкоуглеродистая нелегированная (до 0,15% С)	Короткий темно-желтый пучок искр, принимающих форму полосок и становящихся более светлыми в зоне сгорания; мало звездообразных разветвлений
Среднеуглеродистая нелегированная (0,15—1,0% С)	При повышении содержания углерода образуется более плотный и более светлый желтый пучок искр с многочисленными звездочками и ответвлениями лучей

Продолжение табл. 5

Сталь	Цвет и характеристика пучка искр
Высокоуглеродистая нелегированная (св. 1,0% С)	Очень плотный желтый пучок искр с многочисленными звездочками. При увеличении содержания углерода уменьшается яркость и укорачивается пучок искр
Нелегированная с повышенным содержанием марганца	Широкий плотный ярко-желтый пучок искр; внешняя зона линий искр особенно яркая. Многочисленные разветвления лучей
Марганцовистая (12% Mn)	Преобладание зонтообразных искр
Конструкционная (до 5% Ni)	Яркие желтые линии искр в виде язычков, расщепленные на конце; увеличение яркости в зоне сгорания. При повышении содержания углерода на концах искр появляются звездочки
Хромистая с низким содержанием углерода и высоким содержанием хрома	Короткий темно-красный пучок искр без звездочек, слабоветвистый; искры прилипают к поверхности шлифовального круга
Никелевая высоколегированная	При содержании 35% Ni красно-желтое окрашивание пучка. При более высоком содержании никеля (около 47%) яркость искр значительно ослабевает
Хромоникелевая	Желто-красные искры с более яркими полосами в зоне сгорания. При повышенном содержании хрома и никеля пучок искр более темный
Вольфрамовая	Красные короткие искры; линии искр отчетливо изгибаются книзу. Разветвление звездочек углерода отсутствует. Чем выше содержание вольфрама, тем слабее образование искр
Молибденовая	Ярко-желтые искры в виде язычков. При низком содержании кремния язычки видны перед звездочками углерода; при повышенном содержании — за звездочками углерода

6. Цвета калиения стали

Температура, °C	Цвет калиения	Температура, °C	Цвет калиения
550—580	Темно-коричневый	830—900	Светло-красный
580—650	Коричнево-красный	900—1050	Оранжевый
650—730	Темно-красный	1050—1150	Темно-желтый
730—770	Темно-вишневый-красный	1150—1250	Светло-желтый
770—800	Вишнево-красный	1250—1300	Ярко-желтый
800—830	Светло-вишнево-красный		

7. Цвета побежалости углеродистой стали

Температура, °C	Цвет побежалости	Температура, °C	Цвет побежалости
220	Светло-желтый	285	Фиолетовый
240	Темно-желтый	295	Васильково-синий
255	Коричнево-желтый	314	Светло-синий
265	Коричнево-красный	330	Серый
275	Пурпурно-красный		

8. Цвета побежалости коррозионностойких сталей и жаропрочных сплавов

Температура, °C	Цвет побежалости		
	12X18H9T	XH75MEIO	XH77TIOР
300	Светло-соломенный	—	—
400	Соломенный	Светло-желтый	—
500	Красновато-коричневый	Желтый	Светло-соломенный
600	Фиолетово-синий	Коричневый	Фиолетовый
700	Синий	Синий	Синий
800	—	Голубой	Голубой

ЧУГУН

Чугун (табл. 9—12) — сплав железа с углеродом (более 2 % C), разделяют на нелегированный и легированный, содержащий хром, никель, марганец и другие легирующие элементы.

По структуре различают белый чугун (с белым изломом), в котором углерод находится в виде цементита, и серый чугун (с серым изломом), в котором углерод находится в основном в форме графита. Серый чугун подразделяют на серый литейный, высокопрочный ковкий, жаростойкий, жаропрочный, коррозионностойкий и антифрикционный.

9. Основные свойства серого литейного чугуна и применение

Марка	$\sigma_{\text{н}}$, кгс/мм ²	НВ	Примечание
Серый чугун с пластинчатым графитом (ГОСТ 1412—79)			
СЧ 10	28	143—229	Малоответственные отливки с толщиной стенок до 15 мм (корпусы, крышки, кожухи и др.)
СЧ 15	32	163—229	Малоответственные отливки с толщиной стенок 10—30 мм (трубы, корпусы клапанов, вентили при давлении до 200 кгс/см ² и др.)
СЧ 18	36	170—229	Ответственные отливки с толщиной стенок 10—20 мм (шквы, зубчатые колеса, станины, суппорты и др.)
СЧ 20	40	170—241	Ответственные отливки с толщиной стенок до 30 мм (блоки цилиндров, поршни, тормозные барабаны, каретки и др.)
СЧ 25	46	180—250	Ответственные отливки с толщиной стенок до 40 мм (кокильные формы, поршневые кольца и др.)
СЧ 30	50	181—255	Ответственные отливки с толщиной стенок до 60 мм (поршни, гильзы дизелей, рамы, штампы и др.)
СЧ 35	55	197—269	Ответственные высоконагруженные отливки с толщиной стенок до 100 мм (малые коленчатые валы, детали паровых двигателей и др.)
СЧ 40	60	207—255	Наиболее ответственные тяжело нагруженные отливки с массивными стенками (крупные коленчатые валы, зубчатые колеса, клапаны, кулачки и др.)
СЧ 45	65	229—259	

10. Механические свойства и применение ковкого чугуна (ГОСТ 1215—79)

Марка	HB	Применение
КЧ 30—6	163	В основном для небольших отливок, работающих в условиях динамических нагрузок (детали в автомобильной, тракторной и сельскохозяйственной промышленности). Ограниченное применение обусловлено сложностью изготовления отливок, длительностью термической обработки, ограниченными допускаемыми размерами сечений (не более 30—40 мм)
КЧ 33—8	163	
КЧ 35—10	163	
КЧ 37—12	163	
КЧ 45—7	207	
КЧ 50—5	230	
КЧ 55—4	241	
КЧ 60—3	269	
КЧ 65—3	269	

11. Механические свойства и применение жаростойкого чугуна (ГОСТ 7769—75)

Марка	σ_B	σ_H	HB	Предельная температура эксплуатации в воздушной среде, °C
	кгс/мм ²			
Хромистый:				
ЖЧХ	18	36	207—286	550
ЖЧХ2	15	32	207—286	550
ЖЧХ3	—	32	228—364	650
ЖЧХ16	35	70	370—550	1000
Кремнистый с шаровидным графитом ЖЧС5Ш	30	—	228—300	800
Алюминиевый с пластинчатым графитом ЖЧЮ22	12	24	140—286	1000
Алюминиевый с шаровидным графитом ЖЧЮШ	30	40	241—364	1100

12. Механические свойства и применение коррозионностойких и жаропрочных чугунов (ГОСТ 11819—73)

Марка	σ_B	σ_{II}	δ , %	HB	Примечание
	кгс/мм ²				
ЧНХТ	24	44	—	201—286	Для деталей двигателей внутреннего сгорания, газомоторных компрессоров, деталей машин целлюлозно-бумажного производства, работающих в условиях повышенного износа, газовых сред и водных растворов. Для деталей аналогичного типа, работающих в условиях повышенного износа и газовой коррозии (продукты сгорания топлива, технический кислород и др.) Для деталей аналогичного типа, но с повышенными механическими свойствами и термостойкостью при температуре до 500°С. Для деталей с высокой коррозионной стойкостью, работающих в щелочах, слабых растворах кислот, серной кислоте, морской воде, в среде перегретого пара.
ЧН1ХМД	30	70	—	201—286	
ЧН1МШ	50	—	1,5	183—286	
ЧН15Д7Х2	18	36	1,5	120—200	
ЧН15Д3ХШ	35	—	4,0	120—255	

СТАЛЬ

Сталью называют сплав железа с углеродом (до 2 % С). По химическому составу сталь разделяют на углеродистую и легированную, а по качеству — на сталь обыкновенного качества, качественную, повышенного качества и высококачественную.

1. Сталь углеродистую обыкновенного качества (ГОСТ 380—71) (табл. 13, 16) подразделяют на три группы: А — поставляемую по механическим свойствам и применяемую в основном тогда, когда изделия из нее не подвергают горячей обработке (сварка,ковка и др.), которая может изменить регламентируемые механические свойства (Ст0; Ст1 и др.); Б — поставляемую по химическому составу и применяемую для деталей, подвергаемых такой обработке, при которой механические свойства меняются, а уровень их кроме условий обработки определяется химическим составом (БСт0, БСт1 и др.); В — поставляемую по механическим свойствам и химическому составу для деталей, подвергаемых сварке (ВСт1, ВСт2 и др.).

13. Механические свойства углеродистой стали обыкновенного качества группы А (ГОСТ 380—71)

Марка	σ_B	σ_T	$\delta_5, \%$	Марка	σ_B	σ_T	$\delta_5, \%$
	кгс/мм ²				кгс/мм ²		
Ст0	31	—	23	Ст3пс	38—50	25	26
Ст1кп	31—40	—	35	Ст3Гпс	38—50	25	26
Ст1пс	32—42	—	34	Ст4кп	41—55	26	25
Ст1Гпс	32—43	—	34	Ст4Гпс	42—55	27	24
Ст2кп	33—42	22	33	Ст5сп	50—64	29	20
Ст2сп	34—44	23	32	Ст5Гпс	46—60	29	20
Ст2Гпс	34—45	23	32	Ст6пс	60	32	15
Ст3кп	37—47	24	27				

14. Категории углеродистой качественной конструкционной стали

Категория	Требования к испытанию механических свойств	Сталь
1	Без испытания механических свойств на растяжение и ударную вязкость	Горячекатаная, кованая, калиброванная, серебрянка То же
2	С испытанием механических свойств на растяжение и ударную вязкость на образцах, изготовленных из нормализованных заготовок размером 25 мм (диаметр или сторона квадрата)	
3	С испытанием механических свойств на растяжение на образцах, изготовленных из нормализованных заготовок указанного в заказе размера, но не более 100 мм	Горячекатаная, кованая, калиброванная То же
4	С испытанием механических свойств на растяжение и ударную вязкость на образцах, изготовленных из термически обработанных (закалка + отпуск) заготовок указанного в заказе размера, но не более 100 мм	
5	С испытанием механических свойств на растяжение на образцах, изготовленных из сталей в нагартованном или термически обработанном состоянии (отожженной или высокоотпущенной)	Калиброванная

15. Механические, физические и технологические свойства конструкционных сталей

Марка	Механические свойства				Физические свойства				Технологические свойства			
	σ_T	σ_B	$\delta_5, \%$	$a_n,$ кгс · м/см ²	HB	$\gamma,$ г/см ³	$\lambda,$ кал/(см · с · °C)	$\alpha \cdot 10^6,$ 1/°C	Обраба- тывае- мость резанием	Свари- вае- мость	Интервал темпера- тур ков- ки, °C	Пластич- ность при холодной обработке
	кгс/мм ²											
08	20	33	33	—	131 *1	7,83	0,193	11,6	В	ВВ	800—1300	ВВ
10	21	34	31	—	143 *1	7,83	0,193	11,6	»	»	800—1300	»
15	23	38	27	5,5—6,5	149 *1	7,82	0,185	11,9	»	»	800—1250	»
20	25	42	25	5,0—5,5	163 *1	7,82	0,186	11,1	»	»	800—1280	В
25	28	46	23	9	170 *1	7,82	0,18	11,1	»	»	800—1280	»
30	30	50	21	8	179 *1	7,817	0,18	12,6	»	В	800—1250	»
35	32	54	20	7	207 *1	7,817	0,18	11,09	»	»	800—1250	»
40	34	58	19	6	187 *2	7,815	0,142	12,4	»	У	800—1250	У
45	36	61	16	5	197 *2	7,814	0,162	11,649	»	»	800—1250	»
50	38	64	14	4	207 *2	7,811	0,162	12,0	У	»	800—1250	»
55	39	66	13	—	217 *2	7,82	0,162	11,0	»	Н	800—1250	Н
60	41	69	12	—	229 *2	7,80	1,61	11,1	»	»	800—1240	»

*1 Для горячекатаной стали. *2 Для отожженной стали.

П р и м е ч а н и е. Обозначения: Н — низкая; У — удовлетворительная; В — высокая; ВВ — весьма высокая.

2. Сталь углеродистая качественная конструкционная (ГОСТ 1050—74**) по видам обработки при поставке делится на горячекатаную и кованую, калиброванную, круглую со специальной отделкой поверхности — серебрянку. По требованиям к испытанию механических свойств сталь подразделяют на пять категорий (табл. 14). Основные свойства и применение этих сталей приведены в табл. 15—17.

16. Примерное назначение углеродистой стали обыкновенного качества

Марка	Назначение
Ст0	Неответственные строительные конструкции, прокладки, шайбы, кожухи. Свариваемость хорошая
Ст1	Малонагруженные детали металлоконструкций — заклепки, шайбы, шпильки, прокладки, кожухи. Свариваемость хорошая
Ст2	Детали металлоконструкций — рамы, оси, ключи, валики, цементуемые детали. Свариваемость хорошая
Ст3	Рамы тележек, цементуемые и цинкуемые детали, от которых требуется высокая твердость поверхности и невысокая прочность сердцевин, крюки кранов, кольца, цилиндры, шатуны, крышки
Ст4	Валы, оси, пальцы, тяги, крюки, болты, гайки, детали при невысоких требованиях к прочности
Ст5	Валы, оси, звездочки, крепежные детали, зубчатые колеса, шатуны, детали при повышенных требованиях к прочности
Ст6	Валы, оси, бойки молотов, шпиндели, муфты кулачковые и фрикционные, цепи, детали с высокой прочностью

17. Примерное назначение углеродистой качественной конструкционной стали

Марка	Назначение
08кп, 10	Детали, изготавливаемые холодной штамповкой и холодной высадкой, трубки, прокладки, крепеж, колпачки. Цементуемые и цинкуемые детали, не требующие высокой прочности сердцевин (втулки, валики, упоры, копиры, зубчатые колеса, фрикционные диски)
15, 20	Малонагруженные детали (валики, пальцы, упоры, копиры, оси, шестерни). Тонкие детали, работающие на истирание, рычаги, крюки, траверсы, вкладыши, болты, стяжки и др.
30, 35	Детали, испытывающие небольшие напряжения (оси, шпиндели, звездочки, тяги, траверсы, рычаги, диски, валы)
40, 45	Детали, от которых требуется повышенная прочность, подвергаемых термической обработке (коленчатые валы, шатуны, зубчатые венцы, распределительные валы, маховики, зубчатые колеса, шпильки, храповики, плунжеры, шпиндели, фрикционные диски, оси, муфты, зубчатые рейки, прокатные валки и др.
50, 55	Зубчатые колеса, прокатные валки, штоки, бандажы, валы, эксцентрики, малонагруженные пружины и рессоры и др. Применяют после закалки с высоким отпуском и в нормализованном состоянии
60	Детали с высокими прочностными и упругими свойствами (прокатные валки, эксцентрики, шпиндели, пружинные кольца, пружины и диски сцепления, пружины амортизаторов). Применяют после закалки или после нормализации (крупные детали)

Легированную сталь (табл. 18—29) по степени легирования разделяют на низколегированную (легирующих элементов до 2,5 %); среднелегированную (от 2,5 до 10 %), высоколегированную (от 10 до 50 %). В зависимости от основных легирующих элементов различают сталь 14 групп. К высоколегированным относят:

I. коррозионностойкие (нержавеющие) стали и сплавы, обладающие стойкостью против электрохимической и химической коррозии; межкристаллитной коррозии, коррозии под напряжением и др.;

II. жаростойкие (окалиностойкие) стали и сплавы, обладающие стойкостью против химического разрушения в газовых средах при температуре выше 50 °С, работающие в ненагруженном и слабонагруженном состоянии;

III. жаропрочные стали и сплавы, работающие в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени и обладающие при этом достаточной жаростойкостью.

18. Механические характеристики низколегированной конструкционной стали (ГОСТ 19281—73)

Марка	σ_B	σ_T	$\delta, \%$	Марка	σ_B	σ_T	$\delta, \%$
	кгс/мм ²				кгс/мм ²		
12ГС	47	32	26	17ГС	52	36	23
15ХСНД	50	35	21	09Г2Д	45	30—31	21
09Г2	45	31	21	10Г2С1	44—50	30—36	21
14Г2	47	34	21	15ГФ	52	38	21
18Г2АФпс	60	45	19	14ХГС	50	35	22
12ГС	47	32	26	15ХСНД	50	35	21
16ГС	50	33	21	10ХСНД	54	40	19

19. Механические и технологические свойства легированных конструкционных сталей (ГОСТ 4543—71)

Марка	Механические свойства					Технологические свойства		
	σ_T	σ_B	$\delta, \%$	$a_H,$ кгс·м/см ²	НВ	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке
	кгс/мм ²							
Хромистые стали								
15X	50	70	12	7	179	В	В	В
20X	65	80	11	6	179	В	В	У
30X	70	90	12	7	187	В	У	У
35X	75	93	11	7	197	В	У	У
38X A	80	95	12	6	207	В	У	У
40X	80	100	10	6	217	В	У	У
45X	85	105	9	5	229	В	Н	Н
50X	90	110	9	4	229	В	Н	Н
30XPA	130	160	9	5	241	В	У	У
Марганцовистые стали								
10Г2	25	43	22	—	197	У	В	В
35Г2	37	63	13	8	207	У	Н	У
40Г2	39	67	12	8	217	У	Н	Н
45Г2	41	70	11	7	229	У	Н	Н
50Г2	43	75	11	7	229	У	Н	Н

Продолжение табл. 19

Марка	Механические свойства					Технологические свойства		
	σ_T	σ_B	$\delta, \%$	$a_{и},$ кгс·м/см ²	НВ	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке
	кгс/мм ²							
Хромомарганцовистые стали								
18ХГ	75	90	10	—	187	—	—	—
18ХГТ	90	100	9	8	217	—	—	—
20ХГР	80	100	9	8	197	В	Н	У
30ХГТ	130	150	9	6	229	—	—	—
40ХГТР	85	100	11	8	229	В	Н	Н
25ХГТ	100	130	10	7	217	У	Н	У
27ХГР	120	140	8	6	217	—	—	—
Хромокремнистые стали								
33ХС	70	90	13	8	241	У	Н	Н
38ХС	75	95	12	7	255	У	Н	Н
40ХС	110	125	12	5	255	У	Н	Н
Хромолибденовые и хромолибденованадиевые стали								
15ХМ	28	45	21	12	179	—	В	В
30ХМ	75	95	11	8	229	В	Н	У
35ХМ	85	95	11	8	241	В	Н	У
40ХМАФА	95	105	13	9	269	В	Н	У
38ХМ	90	100	11	7	241	В	—	—
Хромованадиевые стали								
15ХФ	55	75	13	8	187	У	У	У
40ХФА	75	90	10	9	241	—	Н	У
Никельмолибденовые стали								
15Н2М	65	85	11	8	197	—	—	—
20Н2М	70	90	10	8	—	—	—	—
Хромоникелевые стали								
20ХН	60	80	14	8	197	В	У	У
40ХН	80	100	11	7	207	У	Н	У
45ХН	85	105	10	7	207	В	Н	Н
50ХН	90	110	9	5	207	В	Н	Н
12ХН2	60	80	12	9	207	В	У	У
12ХН3А	70	95	11	9	217	В	У	У
20ХН3А	75	95	12	11	255	В	У	У
30ХН3А	80	100	10	8	269	В	Н	Н
12ХН4А	95	115	10	9	241	В	У	У
20ХН4А	110	130	9	8	269	В	У	У
Хромокремнемарганцовые и хромокремнемарганцовоникелевые стали								
20ХГСА	65	80	12	7	207	В	В	В
25ХГСА	85	110	10	6	217	В	В	В
30ХГС	85	110	10	4,5	229	У	В	У
30ХГСА	85	110	10	5	229	У	В	У
30ХГСН2А	140	165	9	6	255	—	—	—
Хромомарганцовоникелевые стали								
15ХГН21А	75	95	11	10	269	—	—	—
20ХГНТР	100	120	10	9	197	—	—	—
20ХГНР	110	130	10	9	—	—	—	—

Продолжение табл. 19

Марка	Механические свойства					Технологические свойства		
	σ_T	σ_B	$\delta, \%$	a_H , кгс·М/см ²	НВ	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при холодной обработке
	кгс/мм ²							
Хромоникельмолибденовые стали								
40XН2МА	95	110	12	8	269	В	Н	Н
30XН2МА	80	100	10	8	241	—	—	—
38X2Н2МА	95	110	12	8	269	—	—	—
18X2Н4МА	85	115	12	10	269	У	У	Н
25X2Н4МА	95	110	11	9	—	—	—	—
Хромоалюминиевые стали								
38X2Ю	75	90	10	8	229	—	—	—
38X2МЮА	85	100	14	9	229	—	—	—
Высокоуглеродистые хромистые подшипниковые стали (ГОСТ 801—78)								
ШХ4	—	—	—	—	107—207	—	—	—
ШХ15	42	73	21	4,5	179—207	У	Н	У
ШХ15СГ	42	73	15—25	4,5	170—207	У	Н	У
Стали конструкционные повышенной и высокой обрабатываемости резанием *1 (ГОСТ 1414—75)								
A12	29	45—57	22	—	160	ВВ	В	У
	—	52—80	7	—	167—217			
A20	—	46—61	20	—	168	В	—	—
	—	54—80	7	—	167—217			
A30	—	52—61	15	—	185	В	—	—
	—	55—84	6	—	174—223			
A40Г	—	60—75	14	—	207	В	—	—
	—	60—80	17	—	179—229			
Коррозионностойкие стали (ГОСТ 5632—72)								
12X13	42	60	20	9	116—179	У	Н	В
20X13	45	66	16	8	126—197	У	Н	У
08X13	30	43	23	7	—	У	Н	Н
20X2Н13	—	58	35	7	—	—	—	—
12X18Н9	22	54	38	—	—	У	У	У
17X18Н9	27	60	35	—	—	Н	В	В
12X18Н9Т	22	54	38	—	140—170	Н	В	В
12X18Н10Т	24	54	38	—	—	Н	В	У
Углеродистые инструментальные стали (ГОСТ 1435—74)								
У7А	—	63	21	—	187	—	—	—
У8А	—	60	—	—	187	—	—	—
У10А	—	60	23	—	197	—	—	—
У11А	—	—	—	—	207	—	—	—
У12А	—	65	28	—	207	—	—	—
У13А	—	—	—	—	207	—	—	—

*1 В числителе данные для горячекатаной, а в знаменателе — для холодногнуптой стали.

Примечание. Условные обозначения те же, что и в табл. 15.

**20. Свойства и рекомендуемые режимы термической обработки
рессорно-пружинной стали (ГОСТ 14959—79)**

Марка	Температура, °С		σ_T	σ_B	δ	ψ	Температураковки, °С	
	закалки	отпуска	кгс/мм ²		%		начала	конца
55ГГ	820	480	80	100	8	30	—	—
50С2 *1	870	460	120	130	6	30	1200	850
55С2 *1	870	460	120	130	6	30	1200	800
60С2	870	460	120	130	6	25	—	—
60С2А	870	420	140	160	6	20	1200	800
50ХГ	840	440	110	130	7	35	1200	850
50ХГА	840	440	120	130	7	35	1200	850
55ХГР	830	450	125	140	5	30	—	—
50ХФА	850	520	110	130	8	35	—	—
50ХГФА	850	520	120	130	6	35	1200	900
60С2ХФА	850	410	170	130	5	20	1200	850
50ХСА	850	520	120	135	6	30	—	—
65С2ВА	850	420	170	190	5	20	—	—
60С2Н2А	880	420	160	175	6	20	1150	850
60С2ХА	870	420	160	180	6	20	—	—
60СГА	860	460	140	160	6	25	—	—

*1 Закалочная среда масло или вода, для остальных масло.

Примечание. Коррозионная стойкость всех сталей низкая.

Электротехническую тонколистовую сталь (табл. 21) разделяют: а) по структурному состоянию и виду прокатки на классы: 1—горячекатаная изотропная; 2—холоднокатаная изотропная; 3—холоднокатаная анизотропная с ребровой текстурой; б) по содержанию кремния: 0—до 0,4 %; 1—св. 0,4 до 0,8 %; 2—св. 0,8 до 1,8 %; 3—св. 1,8 до 2,8 %; 4—св. 2,8 до 3,8 %; 5—св. 3,8 до 4,8 %; химический состав стали не нормируется; в) по основной нормируемой характеристике на группы: 0—удельные потери при магнитной индукции 1,7 Тл и частоте 50 Гц ($P_{1,7/50}$); 1—удельные потери при магнитной индукции 1,5 Тл и частоте 50 Гц ($P_{1,5/50}$); 2—удельные потери при магнитной индукции 1,0 Тл и частоте 400 Гц ($P_{1,0/400}$); 6—магнитная индукция в слабых магнитных полях при напряженности поля 0,4 А/м ($B_{0,4}$); 7—магнитная индукция в средних магнитных полях при напряженности поля 10 А/м (B_{10}).

**21. Магнитные свойства электротехнических сталей
(ГОСТ 21427.0—75 ÷ ГОСТ 21427.3—75)**

Марка	Толщина листа, мм	Удельные потери, Вт/кг, не более		Магнитная индукция, Тл, при напряженности магнитного поля, А/м, не менее				
		$P_{1,0/50}$	$P_{1,5/50}$	1000	2500	5000	10 000	30 000
1211	1,00	5,8	13,4	—	1,53	1,63	1,76	2,00
	0,50	3,3	7,7	—	1,53	1,64	1,76	2,00
1311	0,50	2,5	6,1	—	1,48	1,59	1,73	1,95
	0,50	2,2	5,3	—	1,48	1,59	1,73	1,95

Продолжение табл. 21

Марка	Толщина листа, мм	Удельные потери, Вт/кг, не более		Магнитная индукция, Тл, при напряженности магнитного поля, А/м, не менее				
		$P_{1.0/50}$	$P_{1.5/50}$	1000	2500	5000	10 000	30 000
1413	0,50	1,55	3,5	—	1,48	1,59	1,73	1,94
	0,35	1,35	3,0	—	1,48	1,59	1,73	1,94
1514	0,50	1,15	2,7	1,29	1,44	1,55	1,69	1,89
	0,35	0,90	2,2	1,29	1,44	1,55	1,69	1,89
2011	0,65	3,8	9,0	1,48	1,6	1,7	1,8	2,02
	0,50	3,5	8,0	1,49	1,6	1,7	1,8	—
2111	0,65	4,3	10,0	1,45	1,58	1,66	1,75	2,00
	0,50	3,5	8,0	1,46	1,58	1,67	1,78	2,00
2212	0,65	2,6	6,3	1,42	1,58	1,67	1,77	2,00
	0,50	2,2	5,0	1,42	1,68	1,68	1,77	2,00
2311	0,65	3,0	7,0	1,40	1,56	1,65	1,73	1,96
	0,50	2,6	5,8	1,40	1,56	1,65	1,76	2,00
2412	0,50	1,30	3,1	1,35	1,50	1,60	1,70	1,95
	0,35	1,15	2,5	1,35	1,50	1,60	1,70	1,95
3411	0,50	2,45	3,20	—	1,75	—	—	—
	0,35	1,75	2,50	—	1,75	—	—	—
3412	0,50	2,10	2,80	—	1,85	—	—	—
	0,35	1,50	2,20	—	1,85	—	—	—
3416	0,28	0,95	1,38	—	1,90	—	—	—
	0,28	0,89	1,30	—	1,90	—	—	—

22. Примерное назначение низколегированной конструкционной универсальной стали (ГОСТ 19282—73)

Марка	Назначение
09Г2	Для деталей сварных конструкций, изготавливаемых из листов. Обработывается резанием удовлетворительно
09Г2С, 10Г2С1	Для паровых котлов, аппаратов и емкостей, работающих под давлением при температуре $-70 \div +450^\circ \text{C}$, для ответственных листовых сварных конструкций, в химическом и нефтяном машиностроении, судостроении. Хорошо свариваются. Обработываются резанием удовлетворительно
10ХСНД	Для сварных конструкций химического машиностроения, фасонных профилей в судостроении, вагоностроении
15ХСНД	Для деталей вагонов, строительных свай, сложных профилей в судостроении. Обладает повышенной коррозионной стойкостью
15ГФ	Для листовых сварных конструкций в вагоностроении. Обеспечивает высокое качество сварного шва. Штампуемость удовлетворительная

Сталь легированную конструкционную в зависимости от химического состава и свойств делят на качественную, высококачественную А, особовысококачественную Ш (электрошлакового переплава). По видам обработки при поставке различают сталь горячекатаную, кованую, калиброванную, серебрянку. По назначению изготовляют прокат: а) для горячей обработки давлением и холодного волочения (подкат); б) для холодной механической обработки,

23. Примерное назначение легированной конструкционной стали

Марка	Назначение
15X	Пальцы поршневые, валы распределительные, толкатели, крестовины карданов, клапаны, мелкие детали, работающие в условиях износа при трении. Хорошо цементируется
20X	Кулачковые муфты, втулки, шпиндели, направляющие планки, плунжеры, оправки, копиры, шлицевые валики и др.
40X	Для деталей, работающих на средних скоростях при средних давлениях (зубчатые колеса, шпиндели и валы в подшипниках качения, червячные валы)
45X, 50X	Для крупных деталей, работающих на средних скоростях при небольших давлениях (зубчатые колеса, шпиндели, валы в подшипниках качения, червячные и шлицевые валы). Обладают высокой прочностью и вязкостью
38XA	Для шестерен, работающих на средних скоростях при средних давлениях
45Г2, 50Г2	Для крупных малонагруженных деталей (шпиндели, валы, зубчатые колеса тяжелых станков)
18XГТ	Для деталей, работающих на больших скоростях при высоких давлениях и ударных нагрузках (зубчатые колеса, шпиндели, кулачковые муфты, втулки и др.)
20XГР	Для тяжело нагруженных деталей, работающих при больших скоростях и ударных нагрузках
15XФ	Для некрупных деталей, подвергаемых цементации и закалке с низким отпуском (зубчатые колеса, поршневые пальцы и др.)
40XС	Для мелких деталей высокой прочности
40XФА, 30XГС	Для ответственных высокопрочных деталей, подвергаемых закалке и высокому отпуску; для средних и мелких деталей сложной конфигурации, работающих в условиях износа (рычаги, толкатели); для ответственных сварных конструкций, работающих при знакопеременных нагрузках
35ХМ	Для валов, деталей турбин и крепежа, работающих при повышенной температуре
45ХН, 50ХН	Аналогично применению стали 40X, но для деталей больших размеров

24. Примерное назначение коррозионностойких сталей и сплавов (ГОСТ 5632—72)

Марка	Назначение
20X13, 08X13, 12X13, 25X13H2	Для деталей с повышенной пластичностью, подвергающимся ударным нагрузкам; деталей, работающих в слабо агрессивных средах
30X13, 40X13 08X18T1	Для деталей с повышенной твердостью [режущий, измерительный, хирургический инструмент, клапанные пластины компрессоров и др. (у стали 08X18T1 лучше штампуемость)]
06XН28MT	Для сварных конструкций, работающих в среднеагрессивных средах (горячая фосфорная кислота, серная кислота до 10% и др.)
11X17H2	Для различных деталей химической и авиационной промышленности. Сталь обладает высокими технологическими свойствами
95X18	Для деталей высокой твердости, работающих в условиях износа
08X17T	Рекомендуется в качестве заменителя стали 12X18H10T для конструкций, не подвергающихся ударным воздействиям, а при температуре эксплуатации не ниже -20°C

Продолжение табл. 24

Марка	Назначение
15X25Т, 15X28	Аналогично стали 08Х17Т, но для деталей, работающих в более агрессивных средах при температурах от -20 до 400°C (15Х28 — для спаев со стеклом)
20Х13Н4Г9, 10Х14АГ15, 10Х14Г14Н3 09Х15Н8Ю, 07Х16Н6 08Х17Н15М3 20Х17Н2	Заменитель сталей 12Х18Н9, 17Х18Н9 для конструкций с точечной сваркой
10Х14Г14Н4Т	Для высокопрочных изделий, упругих элементов; сталь 09Х15Н8Ю — для уксуснокислых и солевых сред
12Х17Г9АН4, 15Х17АГ14 03Х16Н15МЗБ, 03Х16Н15М3 15Х18Н12С4ТЮ	Для деталей, работающих в сернокислых средах
08Х10Н20Т2	Для высокопрочных тяжело нагруженных деталей, работающих на истирание и удар в слабоагрессивных средах
04Х18Н10, 03Х18Н11, 03Х18Н12, 08Х18Н10, 12Х18Н9, 12Х18Н12Т, 08Х18Н12Т, 06Х18Н11 12Х18Н10Т, 12Х18Н9Т 06ХН28МДТ, 03ХН28МДТ	Заменитель стали 12Х18Н10Т для деталей, работающих в слабоагрессивных средах, а также при температурах до 196°C
09Х16Н4Б	Для деталей, работающих в атмосферных условиях (заменитель сталей 12Х18Н9, 12Х18Н10Т)
07Х21Г7АН5	Для сварных конструкций, работающих в кипящей фосфорной, серной, 10%-ной уксусной кислоте
03Х21Н21М4ГБ	Для сварных изделий работающих в воздушной и агрессивной средах, в концентрированной азотной кислоте
ХН65МВ	Немагнитная сталь для деталей, работающих в морской воде
Н70МФ	Для деталей, работающих в азотной кислоте при повышенных температурах
	Для сварных конструкций в разных отраслях промышленности
	Для сварных конструкций, работающих при температуре до 80°C в серной кислоте различных концентраций (не рекомендуют 55%-ную уксусную и фосфорную кислоты)
	Для высокопрочных штамповарных конструкций и деталей, работающих в контакте с агрессивными средами
	Для сварных изделий, работающих при температурах до -253°C и в средах средней агрессивности
	Для сварных конструкций, работающих в горячей фосфорной кислоте, серной кислоте низких концентраций при температуре не выше 80°C , азотной кислоте при температуре до 95°C
	Для изготовления сварных конструкций, работающих при высоких температурах в серно- и серноокислых растворах, в уксусной кислоте
	Для сварных конструкций, работающих при высоких температурах в соляной, серной, фосфорной кислотах в других средах восстановительного характера

25. Назначение рессорно-пружинной стали

Марка	Назначение
60СГА 55ГС 50С2	Для рессор толщиной от 3 до 14 мм Для тормозных шин Для пружин и рессор в автомобиле- и тракторостроении. Обрабатывается резанием плохо

Продолжение табл. 25

Марка	Назначение
60C2, 60C2A	Для рессор из полосовой стали толщиной от 3 до 16 мм и пружинной ленты толщиной от 0,08 до 3 мм; для витых пружин из проволоки диаметром от 3 до 16 мм. Обрабатываются резанием плохо. Максимальная температура эксплуатации 250° С
70C3A	Для тяжело нагруженных пружин ответственного назначения. Сталь склонна к графитизации
50XГ, 50XГA, 50XФА, 50XГФА	Для рессор из полосовой стали толщиной от 3 до 18 мм. Обрабатываются резанием плохо
60C2XA	Для ответственных пружин и рессор, работающих при повышенной температуре (до 300° С); для пружин, подвергаемых многократным переменным нагрузкам
60C2H2A, 65C2BA, 70C2XA	Для крупных высоконагруженных пружин и рессор ответственного назначения
	Для ответственных высоконагруженных пружин и рессор, изготавливаемых из калиброванной стали и пружинной ленты

Примечания: 1. Хромоникелевые и кремненикелевые стали менее склонны к обезуглероживанию. Наиболее сочетание технологических и эксплуатационных свойств имеет сталь 60C2H2A.
2. Коррозионная стойкость всех сталей низкая.

26. Примерное назначение инструментальной легированной стали
(ГОСТ 5950—73)

Марка	Назначение
7XФ	Для деревообрабатывающих инструментов и для инструментов, работающих при ударной нагрузке
8XФ, 9XФ	Для ножей при холодной резке металлов, обрезных матриц и пуансонов при холодной обрезке заусенцев
11XФ	Для метчиков и других режущих инструментов диаметром до 30 мм после закалки и охлаждения в горячих средах
13X XB4	Для хирургического и гравировального инструмента
	Для резцов и фрез при обработке с небольшой скоростью резания
9X1	Для валков холодной прокатки, клейки, пробойников, холодновысадочных матриц, пуансонов
12X1	Для измерительного инструмента (плиток, калибров, шаблонов)
9XC XГC	Для сверл, разверток, метчиков, плашек, гребенок, фрез
	Для валков холодной прокатки, вырубных штампов, холодновысадочных матриц и пуансонов
XBГ	Для длинных измерительных и режущих инструментов, для которых коробление при закалке недопустимо; для технологической оснастки
9XBГ	Для резьбовых калибров, шкал, сложных и точных штампов, для холодных работ
XBСГ 8X6HФТ 8X4B3M3Ф2	Для круглых плашек, разверток и др.
	Для деревообрабатывающих инструментов
	Для вырубного инструмента, ножей, инструмента для холодной пластической деформации
X6ФВ	Для резьбонакатного инструмента, матриц, пуансонов, зубонакатников, фрез при обработке дерева
X12, X12BM	Для холодных штампов высокой стойкости против истирания, гибочных и вырубных штампов, волоков, калибровочных глазков

Продолжение табл. 26

Марка	Назначение
X12M, X12Ф1 7XГ2ВМ	Аналогично стали X12, но в случаях, когда требуется большая вязкость Для штампов обычного холодного деформирования, вырубного инструмента сложной формы в производстве изделий из малопрочных материалов
6X6B3MΦC	Для инструментов холодной пластической деформации металлов повышенной твердости, резьбо- и зубоокатников, трубоабразубочных машин, шарошек и др.
3X3M3Φ	Для инструмента горячего деформирования литейных форм для медных сплавов
4X2B5MΦ	Для тяжело нагруженного прессового инструмента при горячем деформировании легированных и жаропрочных сталей
4X2B2MΦC, 5X3B3MΦC 4XC	Аналогично стали 4X2B5MΦ, но в тех случаях, когда требуется большая теплостойкость Для зубил, обжимок, ножиц, при горячей и холодной резке металла, штампов горячей вытяжки
6XC 4XB2C 5XB2C	Для пневматических зубил, рубильных ножей, небольших штампов холодной штамповки
7X3, 8X3	Для резьбоокатных плашек, ножей для холодной резки металлов, пуансонов и обжимных матриц
5XNM	Для инструмента горячей высадки крепежа и заготовок из углеродистых и низколегированных сталей, деталей штампов горячего прессования и выдавливания этих материалов
5XBN, 5XNBC, 5XGM, 4XMFГ 4X5MFГ	Для молотовых штампов с массой падающих частей свыше 3 т, скоростных штампов при горячем деформировании цветных металлов, прессовых штампов Аналогично стали 5XNM для молотовых штампов
4X5B2ΦC, 4X5MΦ1C	Для мелких молотовых штампов, крупных молотовых и прессовых вставок при горячем деформировании конструкционных сталей и цветных сплавов
4X3BMΦ	Для литейных форм при изготовлении деталей из цинковых, магниевых и алюминиевых сплавов, молотовых и прессовых вставок для горячего деформирования сталей, инструмента для высадки
4X4BMΦC	Для мелких молотовых штампов, инструмента высокоскоростной штамповки
	Для литейных форм при изготовлении деталей из медных сплавов и для инструмента, изготавливаемого из сталей 4X5B2ΦC, 4X5MΦ1C, 4X3BMΦ, когда требуется большая теплостойкость

27. Примерное назначение инструментальной быстрорежущей стали (ГОСТ 19265—73)

Марка	Назначение, технологические свойства
P18, P12	Для всех видов режущего инструмента при обработке обычных конструкционных материалов. Шлифуемость удовлетворительная
P9	Для инструментов простой формы при обработке конструкционных материалов, шлифуемость пониженная
P6M3	Для инструментов небольших сечений, а также работающих с ударными нагрузками при обработке конструкционных материалов. Шлифуемость пониженная

Продолжение табл. 27

Марка	Назначение, технологические свойства
P6M5	Предпочтительно для резбонарезного инструмента, работающего с ударными нагрузками. Шлифуемость удовлетворительная
P18Ф2	Для инструмента, применяемого при обработке материалов повышенной прочности и вязкости. Шлифуемость пониженная
P14Ф4, P9Ф5	Для инструмента, работающего со снятием небольшой стружки, для обработки материалов обладающих абразивными свойствами в условиях нормального нагрева режущей кромки. Шлифуемость низкая
P18K5Ф2, P9M4K8, P6M5K5, P10K5Ф5	Для обработки высокопрочных коррозионностойких и жаропрочных сталей и сплавов в условиях повышенного нагрева режущей кромки
P9K5	Для обработки высокопрочных, коррозионностойких и жаропрочных сталей и сплавов, материалов, обладающих абразивными свойствами в условиях повышенного нагрева режущей кромки. Шлифуемость низкая
P9K10	Для обработки материалов повышенной твердости и вязкости. Пригодна для работы с ударом. Шлифуемость пониженная
	Для обработки коррозионностойких и жаропрочных сталей повышенной твердости и вязкости. Шлифуемость пониженная

28. Назначение конструкционной стали повышенной и высокой обрабатываемости резанием

Марка	Назначение
A12, A20	Для сложнопрофильных мелких деталей, к которым предъявляются повышенные требования по качеству обработанной поверхности (шестерни, винты, гайки, оси, шпильки, кольца). Сталь A20 рекомендуется для деталей, подвергаемых цементации и цианированию
A30, A40Г	Для труднообрабатываемых деталей, работающих при высоких нагрузках
Примечания: 1. Для сварных конструкций сталь не применяют. 2. Коррозионная стойкость всех сталей низкая.	

29. Назначение электротехнической тонколистовой стали

Марка	Назначение
1211, 1212, 1213, 22110	Для якорей и полюсов электрических машин постоянного тока, для роторов и статоров асинхронных двигателей промышленной частоты мощностью до 100 кВт, для магнитопроводов приборов. Пластичность высокая
1311, 1312	Для роторов и статоров асинхронных двигателей мощностью от 100 до 400 кВт. Пластичность хорошая
1411, 1412, 2411	Для роторов и статоров асинхронных двигателей мощностью от 400 до 1000 кВт, маломощных силовых трансформаторов, для двигателей повышенной частоты. Пластичность удовлетворительная

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

Алюминий и его сплавы. Алюминий — металл плотностью 2,7 г/см³, обладает низким удельным электрическим сопротивлением 0,286 Ом/(мм²·м), теплопроводностью и коррозионной стойкостью. По ГОСТ 11069—74 алюминий выпускают особой чистоты (А999 с 0,001 % примесей), высокой чистоты (А995, А99, А97, А95), технической чистоты (А85, А8, А7, А7Е, А6, А5, А5Е, А0). Кроме того, изготавливают алюминий технический деформируемый (АД0, АД1).

Алюминиевые сплавы делят на деформируемые и литейные.

Деформируемые сплавы (табл. 30, 31) выпускают на основе систем Al—Mn (АМц); Al—Mg (АМг), Al—Mg—Si (АД31 и др.); Al—Cu—Mg (Д1 и др.); Al—Cu—Si—Mg—Mn (АК6, АК8) и др.

30. Физические, механические и технологические свойства алюминиевых деформируемых сплавов (ГОСТ 4784—74)

Марка	Механические свойства				Физические свойства			Технологические свойства		
	σ_B , кгс/мм ²	δ	ψ	НВ	γ , г/см ³	λ , кал/(см·с·°C)	$\alpha \cdot 10^6$, 1/°C	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Пластичность при обработке под давлением
			%							
АМц (1400)	13	23	70	30	2,73	0,45	24,0	Н	В	ВВ
АМг2 (1520)	19	23	—	45	2,67	0,34	23,8	Н	В	ВВ
АМг3 (1530)	19	15	—	50	2,67	0,35	23,8	У	В	ВВ
АМг5 (1550)	26	22	—	65	2,65	0,28	24,3	Н	У	У
АМг6 (1560)	30	18	—	80	2,63	0,7	24,0	Н	У	Н
АД31 (1310)	24	10	50	80	2,71	0,45	23,4	У*	У	У
АД33 (1330)	32	10	25	—	2,71	0,34	23,2	У	У	У
Д1*1 (1110)	38	15	30	100	2,8	0,28	22,0	У	У	У
Д16*1 (1160)	45	17	30	105	2,78	0,28	22,7	У	У	У
АК4*2 (1140)	39—43	10	20—25	120	2,8	0,43	22,0	В	У	Н
АК6*2 (1360)	42	13	40	100	2,75	0,43	21,4	В	У	У
АК8*2 (1380)	48	10	25	135	2,8	0,38	25,5	В	У	Н
В95*2 (1950)	46	8	12	150	2,8	0,28	3,6	В	Н	У

*1 Для закаленного и естественно состаренного сплава.

*2 Для закаленного и искусственно состаренного сплава.

*3 Свойства после упрочняющей термической обработки.

31. Примерное назначение алюминиевых деформируемых сплавов
(ГОСТ 1131—76, ГОСТ 21488—76, ГОСТ 4784—74)

Марка	Назначение
АД0, АД1	Детали с высокими пластическими свойствами
АМц, АМг1, АМг2, АМг3	Сварные детали, грубопроводы, радиаторы, емкости для жидкости
АД31, АД33 Д1, Д1П	Детали для отделки автомобилей, судов, самолетов, а также ненагруженные детали
Д16	Детали средней прочности, штампованные узлы, заклепки
В95-2	Силовые элементы конструкций, детали каркасов, шпангоуты, тяги управления и пр.
АК4	Детали двигателей
АК4-1	Листы, профили, поковки
АК6; АК8	Детали средне- и сильнонагруженные, изготавливаемые обработкой давлением

Литейные алюминиевые сплавы в зависимости от химического состава делят на пять групп (ГОСТ 2685—75):

1) сплавы на основе системы $Al-Si$ (АЛ2, АЛ4, АЛ9, АЛ34 и др.), они отличаются высокими литейными свойствами, удовлетворительной коррозионной стойкостью, могут длительно работать при температурах 150—200 °С;

2) сплавы на основе системы $Al-Si-Cu$ (АЛ3, АЛ5, АЛ32, АК52М и др.) обладают пониженной коррозионной стойкостью; сплавы АЛ3 и АЛ5 отличаются повышенной жаропрочностью (рабочая температура до 270 °С);

3) сплавы на основе системы $Al-Mg$ (АЛ8, АЛ23, АЛ23-1, АЛ27, АЛ27-1, АЛ28) обладают удовлетворительными литейными свойствами, высокой коррозионной стойкостью, хорошо обрабатываются резанием, рабочая температура ниже 100 °С;

4) сплавы на основе системы $Al-Cu$ (АЛ7, АЛ19, АЛ33), обладают пониженными литейными свойствами, хорошей коррозионной стойкостью, хорошо обрабатываются резанием;

5) сплавы на основе сложных систем (АЛ1, АЛ21, АЛ24 и др.), отличаются высокой жаропрочностью, пониженной коррозионной стойкостью.

Основные свойства и примерное назначение алюминиевых литейных сплавов приведены в табл. 32 и 33.

32. Назначение алюминиевых литейных сплавов

Марка	Назначение
АЛ1	Детали средней нагруженности, работающие при повышенных температурах (поршни, головки цилиндров двигателей и др.)
АЛ2	Тонкостенные детали сложной конфигурации, работающие при ударных нагрузках (корпусные детали, рычаги, кронштейны, крышки и др.)
АЛ3	Детали, не несущие больших нагрузок и работающие при повышенных температурах (крышки, кронштейны и др.)
АЛ4	Крупные детали сложной формы, несущие статические и ударные нагрузки (картеры и блоки цилиндров двигателей внутреннего сгорания и т. п.)
АЛ5	Крупные детали, несущие повышенные статические нагрузки (корпусы, блоки, рубашки, головки двигателей внутреннего сгорания и др.)
АЛ7	Небольшие детали простой конфигурации, несущие большие статические нагрузки (кронштейны, упоры, подвески и т. п.)
АЛ8	Детали простой формы, работающие в агрессивных средах и несущие большие нагрузки (арматура, корпусы приборов на морских судах)
АЛ9	Сложнопрофильные нагруженные детали, работающие в агрессивных средах и требующие сварки (корпусы насосов редукторов, картеры двигателей и др.)
АЛ25	Поршни двигателей внутреннего сгорания
АЛ34 (ВАЛ5)	Корпусные детали, работающие под высоким давлением
АЛ27	Детали морских судов
АЛ19	Силовые и клепаные детали, работающие при температурах до 300° С
АЛ33 (ВАЛ1)	Детали, работающие при температуре до 350° С

33. Механические, физические и технологические свойства литейных алюминиевых сплавов

Марка	Механические свойства			Физические свойства			Рекомендуемые методы литья		Свариваемость, способы сварки
	σ_B , кгс/мм ²	δ , %	НВ	γ , г/см ³	λ , кал/(см·с·°C)	$\alpha \cdot 10^6$, 1/°C	Температура, °C	Способы	
АЛ1	21	1,0	95	2,78	0,40	22,3	690—770	З	Хорошая, Г, А—Д
АЛ2	15	2,0	50	2,64	0,42	21,1	690—760	З, К, Д	Хорошая, Г, А—Д, А—В
АЛ3	17,0	0,5	65	2,70	0,36	22,1	720—750	З, К, Д	Удовлетворительная, Г, А—Д
АЛ4	20,0	1,5	70	2,65	0,38	21,7	700—760	К, Д, З	Удовлетворительная, Г, А—Д
АЛ5	16,0	0,5	65	2,68	0,36	23,1	700—750	З, К, Д	Удовлетворительная, А—Д
АЛ6	15,0	1,0	45	2,70	0,35	22,9	720—750	З, К, Д	—
АЛ7	21,0	6,0	60	2,80	0,33	23,0	700—750	З	Удовлетворительная, Г, А—Д
АЛ8	29,0	9,0	60	2,60	0,20	24,5	680—720	З, К, Д	Удовлетворительная, Г
АЛ9	21,0	2,0	60	2,66	0,36	23,0	690—740	Любые	Хорошая, Г, А—Д
АЛ11	25,0	1,5	90	2,94	—	24,0	680—750	З, К	Хорошая
АЛ13	16,0	1,0	55	2,63	0,25	22,0	680—730	З, К, Д	Удовлетворительная
АЛ34 (ВАЛ5)	30,0	3,0	90	—	—	—	—	З, К	—
АЛ23	22	6,0	60	—	—	—	—	З, Д, К	А—Д
АЛ27	35	15,0	75	—	—	—	—	З, Д, К	А—Д
АЛ19	34	40	90	—	—	—	—	З	Плохая, А—Д

Примечание. Способы литья: З — в песчаную форму; К — в кокиль; Д — под давлением. Способы сварки: Г — газовая; А—Д — аргонно-дуговая; А—В — атомно-водородная.

Медь и ее сплавы. Медь отличается высокими теплопроводностью, электропроводностью, коррозионной стойкостью, высокой температурой плавления, хорошо обрабатывается давлением, удовлетворительно — резанием. Широко применяется в электротехнике, машино- и приборостроении. Медь по ГОСТ 859—78 (табл. 34) выпускается в виде катодов, слитков, полос, лент, труб, проволоки, поковок, листов.

34. Марки меди (ГОСТ 859—78)

Марка	Содержание меди, %, не менее	Марка	Содержание меди, %, не менее
M00к	99,99	M1	99,9
M0ку	99,97	M1р	99,9
M0к	99,95	M1ф	99,85
M1к	99,9	M2р	99,7
M00б	99,99	M3р	99,5
M0б	99,97	M2	99,7
M1б	99,95	M3	99,5

Латуни — двойные и многокомпонентные медные сплавы, с основным легирующим элементом — цинком (табл. 35—37). По сравнению с медью они обладают более высокой прочностью и коррозионной стойкостью. Простые латуни обозначают буквой Л и цифрой, показывающей содержание меди в процентах. В специальных латунях после буквы Л пишут заглавную букву дополнительных легирующих элементов и через тире после содержания меди указывают содержание легирующих элементов в процентах. Латуни разделяют на литейные и деформируемые. Латуни, за исключением свинцовосодержащих, легко поддаются обработке давлением в холодном и горячем состоянии. Все латуни хорошо паяются твердыми и мягкими припоями.

35. Свойства и назначение латуней

Марка	Свойства				Назначение
	$\sigma_{\text{в}}^{*1}$, кгс/мм ²	НВ ^{*1}	$\alpha_{\text{н}}^{*1}$, кгс·м/см ²	$\lambda_{\text{с}}$, кал/(см·с·°С)	
Двойные деформируемые латуни (ГОСТ 15527—70)					
Л96	24	—	22	0,58	Раднаторные и капиллярные трубки
Л90	26	53	18	0,40	Детали машин, приборов, тепло-технической и химической аппаратуры, змеевики, сильфоны и др.
Л85	28	54	1	0,36	
Л80	32	53	16	0,34	

Продолжение табл. 35

Марка	Свойства				Назначение
	σ_{H1} , кгс/мм ²	HB #1	σ_{H1} , кгс·м/см ²	λ , кал/(см·с·°C)	
Л70	32	—	16	0,29	Гильзы химической аппаратуры
Л68	32	—	17	0,28	
Л63	38—45	58—68	—	0,26	Штампованные изделия
Л60	37—42	60—70	—	0,25	Гайки, болты, детали автомобилей, конденсаторные трубы
					Толстостенные патрубки, гайки, детали машин
Многокомпонентные деформируемые латуни (ГОСТ 15527—70)					
ЛА77—2	40	60	20	0,24	Конденсаторные трубы морских судов
ЛАЖ60—1—1	45	95	—	—	Детали морских судов
ЛАН59—3—2	38	75	4,1	0,20	Детали химической аппаратуры, электромашин, морских судов
ЛЖМц59—1—1	45	88	12,0	0,24	Вкладыши подшипников, детали самолетов, морских судов
ЛН65—5	40	60	—	0,14	Монометрические и конденсаторные трубы
ЛМц58—2	40	85	12,0	0,168	Гайки, болты, арматура, детали машин
ЛМц57—3—1	55	115	13,5	0,241	Детали морских и речных судов
ЛО90—1	28	58	7,5	0,30	Конденсаторные трубы теплотехнической аппаратуры
ЛО70—1	35	60	12	0,26	То же
ЛО62—1	40	80	8	0,26	»
ЛО60—1	38	—	7,5	0,28	«
ЛС63—3	35	—	—	0,28	Детали часов, втулки
ЛС74—3	35	60	—	0,29	То же
ЛС64—2	35	60	—	0,28	Полиграфические матрицы
ЛС60—1	37	—	—	0,28	Гайки, болты, зубчатые колеса, втулки
ЛС59—1	40	90	5,0	0,25	То же
ЛС59—1В	30—40	70—80	—	0; 25	То же

Продолжение табл. 35

Марка	Свойства				Назначение
	σ_B^{*1} , кгс/мм ²	HB^{*1}	α_H , кгс·м/см ²	λ , кал/(см·с·°C)	
ЛЖС58—1—1	40	—	—	—	Детали, изготов- ляемые резанием
ЛК80—3	30	60	12—16	0,1	
ЛМш68—0,05	37	60	—	0,27	Коррозионно- стойкие детали машин
ЛАМш77—2—0,005	35	70	—	0,32	Конденсаторные трубы
ЛОМш70—1—0,05	38	58	—	0,28	То же
ЛАНЖМц75—2—2,5—0,5—0,5	60	300 *2	—	0,30	Пружины, мано- метрические трубы
Литейные латуни (ГОСТ 17711—80)					
ЛК80—3Л	30—40	95—110	12,0	0,10	Детали арматуры Литые подшипни- ки, втулки неот- ветственного назначения
ЛСК80—3—3	30—40	90—100	4,0	0,2	
ЛАЖМц66—6—3—2	65	160	1,38—2,76	0,119	Массивные чер- вячные винты, гайки нажимных винтов
ЛА67—2,5	30—40	90	8—10	0,27	Коррозионно- стойкие детали
ЛАЖ60—1—1Л	40	90	2,5—2,7	0,27	Арматура втулок, подшипники
ЛМцНЖА60—2—1—1—1	38—46	105—115	—	—	Детали арматуры, не имеющие притираемых поверхностей
ЛС59—1ЛД	20—42	80—90	2,6	0,26	Литые детали
ЛС59—1Л					арматуры, втул- ки, сепараторы, подшипники
ЛМцОС58—2—2—2	30	90—100	4,15—6,9	0,118	Шестерни
ЛМцС58—2—2	30—42	70—90	7,0	0,11	Подшипники, втулки, анти- фрикционные детали
ЛМцЖ55—3—1	50	90—120	3,5	0,24	Детали ответст- венного назначе- ния, работающие при температуре до 300°C
ЛВОС	25—30	70—80	—	0,27	Штуцеры гидро- системы автомо- билей

*1 Деформируемые латуни в мягком состоянии.

*2 После деформации с обжатием 50% и старения при 350°C.

36. Технологические свойства деформируемой латуни

Марка	Температура, °С		Обрабатываемость резанием *2, %	Марка	Температура, °С		Обрабатываемость резанием, *2 %
	горячей обработки	отжига			горячей обработки	отжига	
Л96	700—850	450—600	20	ЛО60—1	700—760	550—650	40
Л90	700—850	450—600	20	ЛС63—1	700—780	600—650	100
Л85	700—850	500—650	30	ЛС74—3	700—780	600—650	80
Л80	700—850	500—650	30	ЛС64—2	700—780	620—670	90
Л70	700—850	500—650	30	ЛС60—1	700—780	600—650	75
Л68	700—850	500—650	30	ЛС59—1	780—820	600—650	80
Л63	750—880	500—650	35	ЛС59—1В	640—780	600—650	80
Л60	750—880	500—650	35	ЛЖС58—1—1	—	600—650	70
ЛА77—2	720—770	600—650	30	ЛК80—3	30	750—850	500—600
ЛАЖ60—1—1	600—800	600—650	25	ЛМш68—05	30	700—850	550—650
ЛАН59—3—3	700—750	600—650	15	ЛАМш77—2—0,05	30	600—700	—
ЛЖМц59—1—1	650—750	600—650	25	ЛМц58—2	650—750	600—650	22
ЛН65—5	750—870	600—650	30	ЛО90—1	700—800	550—650	30
ЛО70—1	650—750	550—650	40	ЛОМш70—1—0,05	30	700—850	550—650
ЛО62—1	700—780	550—650	40	ЛАНКМц75—2—2,5—0,5—0,5	20	800—850 *1	550—650

*1 Термическая обработка: температура закалки 780 °С; старение при 500 °С; закалка, деформация 10% и старение при 450 °С.

*2 Данные в % по сравнению с обрабатываемостью латуни ЛС63—3.

37. Технологические свойства литейной латуни

Марка	Литейная усадка, %	Обрабатываемость резанием *1, %	Коэффициент трения в паре со сталью *2	Марка	Литейная усадка, %	Обрабатываемость резанием *1, %	Коэффициент трения в паре со сталью *2
ЛК80—3Л	1,7	30	0,19	ЛМцНЖА60—2—1—1—1	1,7	20	—
ЛКС80—3—3	1,7	50	0,15	ЛС59—1Л	2,2	30	0,17
ЛАЖМц66—6—3—2	1,8	25	—	ЛМцОС58—2—2—2	1,8	35	—
ЛА67—2,5	1,25	30	—	ЛМцС58—2—2	2,0	60	—
ЛАЖ60—1—1п	1,7	30	—	ЛНпЖ55—3—1	1,6	25	—
				ЛВОС	1,8	60	—

*1 Данные в % по сравнению с обрабатываемостью латуни ЛС63—3.
*2 Без смазки.

Бронзами называют медные сплавы, в которых основными легирующими элементами являются различные металлы, кроме цинка. Маркируют бронзы буквами Бр, за которыми следуют заглавные буквы легирующих элементов, а через тире цифры, показывающие их процентное содержание.

По сравнению с латунями бронзы обладают более высокими прочностью, коррозионной стойкостью и антифрикционными свойствами. Они весьма стойки на воздухе, в морской воде, растворах большинства органических кислот, углекислых растворах (табл. 38)

38. Свойства и назначение бронз

Марка	HB	δ , %	$\sigma_{в'}$, кгс/мм ²	Назначение
Оловянные деформируемые бронзы (ГОСТ 5017—74)				
БрОФ8,0—0,3 *1	90—110	55—65	40—50	Сетки бумагоделательных машин
БрОФ7—0,2 *1	85—95	55—65	38—45	Зубчатые колеса, втулки, прокладки высоконагруженных машин
БрОФ6,5—0,4 *1	70—90	60—70	35—45	Пружины, детали машин
БрОФ6,5—0,15 *1	55—70	45—50	30—38	Пружины, втулки, вкладыши подшипников
БрОФ4—0,25 *1	55—70	45—58	30—38	Трубки манометров
БрОЦ4—3	50—70	35—45	30—40	Тоководущие пружины, контакты штепсельных разъемов, детали химической аппаратуры
БрОЦС4—4—2,5	50—70	35—40	30—35	Втулки и прокладки автомобилей и тракторов
БрОЦС4—4—4	—	30—40	32—36	

Продолжение табл. 33

Марка	HB	δ , %	$\sigma_{в'}$ кгс/мм ²	Назначение
Безоловянные деформируемые бронзы (ГОСТ 18175—78)				
БрА7	65—75	65—75	44—50	Пружины, мембраны, сильфоны
БрАМц9—2 *1	110—130	20—40	40—50	Зубчатые колеса, втулки, винты
БрАЖ9—4 *1	100—120	35—45	40—50	Зубчатые колеса, гайки машинных винтов, седла клапанов
БрАЖН10—4—4 *1	130—150	35—45	45—55	Направляющие втулки, клапаны, зубчатые колеса и другие детали ответственного назначения
БрБ2 *1	130—150	40—50	40—60	Пружины, упругие элементы
БрБНТ1,7 *1	180—120	—	40—50	То же
БрБНТ1,9 *1	120—140	30—50	40—60	»
БрК111—3	80—100	25—30	40—45	Антифрикционные детали, баки, резервуары
БрКМц3—1	70—80	50—60	35—40	Пружины, втулки, вкладыши подшипников
БрМц5	70—90	35—45	30—36	Топки котлов
БрКд1 *1	50—70	35—45	26—34	Коллекторы, троллейные провода
Литейные оловянные бронзы (ГОСТ 613—79)				
БрОЗЦ12С5	60	5	21	Арматура общего назначения
БрОЗЦ7С5Н1	60	8	18	Детали, работающие в масле, паре и пресной воде
БрО4Ц7С5	60	5	21	Арматура, антифрикционные детали
БрО4Ц4С17	60	12	15	То же
БрО5С25	60	6	14	Биметаллические подшипники скольжения
БрО6Ц6С3	60	4	18	Арматура, антифрикционные детали, вкладыши подшипников
БрО8Ц4	75	10	20	Части трубопроводов, насосов, работающих в морской воде
БрО10Ф1	90	3	25	Узлы трения, высоконагруженные детали приводов и др.
БрО10Ц2				Антифрикционные детали, вкладыши подшипников и др.
БрО10С10	78	6	20	Подшипники скольжения, работающие при больших удельных давлениях
Литейные безоловянные бронзы (ГОСТ 493—79)				
БрА9Мц2Л *1	70—90	18—22	40	Алюминиевые бронзы
БрА10Мц2Л *1	100—120	10—14	50	применяются для изготовления фасонного литья подшипников, втулок
БрА9ЖЗЛ *1	90—110	8—14	50	Арматура, антифрикционные детали
БрА10ЖЗМц2	110—130	10—14	50	

Продолжение табл. 38

Марка	НВ	δ , %	σ_B , кгс/мм ²	Назначение
БрА10Ж4Н4Л *1	170	6	60	Детали химической и пищевой промышленности
БрА11Ж6Н6 *1	240—260	1—3	60	Арматура, антифрикционные детали
БрС30	25	4	6	Антифрикционные детали
*1 Бронзы неудовлетворительно обрабатываются резанием.				
Примечание. Свойства деформируемых бронз приведены для образцов в отожженном состоянии.				

Большинство бронз (за исключением алюминиевых) хорошо поддаются сварке и пайке твердыми и мягкими припоями.

Медно-никелевые сплавы выделены в особую группу. Их разделяют на конструкционные и электротехнические (табл. 39, 40).

39. Свойства и назначение медно-никелевых сплавов (ГОСТ 492—73)

Сплав	Марка	E *1	σ_B *1	δ , *1 %	Назначение
		кгс/мм ²			
Мельхнор	МНЖМц 30—1—1	14 500	30—65	3—5	Для конденсаторных труб и труб термостатов
»	МН19	14 000	50—60	2,5—5	Детали машин, медицинский инструмент, сетки, детали точной механики, химической аппаратуры
Нейзильбер	МНЦ 15—20	14 000	60—72	2—3	Детали приборов, электромашин, радиоаппаратуры, медицинский инструмент, арматура, посуда
Куниаль А	МНА 13—3	—	90—95	2—4	Детали машин повышенной прочности
Куниаль Б	МНА 6—1,5	—	65—75	4—6	Пружины и другие изделия электротехнической промышленности

*1 Образцы в твердом состоянии.

40. Электротехнические сплавы (ГОСТ 492—73)

Сплав	Марка	ρ , Ом·мм ²	$\alpha \cdot 10^6$, 1/°C	ТКС *1	Назначение
ТБ	МН16	0,223	15,3	0,0027	Компенсационные провода термопар
Копель	МНМц 43—05	0,49	14,0	0,00014	платина — золото Термопары, компенсационные провода, точные резисторы
Константан	МНМц 40—45	0,48	14,4	0,00002	Реостаты, термопары, нагревательные приборы с температурой до 500 °С, тензорезисторы
Манганин	МНМц 3—12	0,435	16,0	0,00003	Электротехнические измерительные приборы, резисторы
То же	МНМцАЖ 3—12—0,3—0,3	—	—	—	Катушки точных резисторов, компенсационные провода

*1 ТКС — температурный коэффициент сопротивления.

Антифрикционные алюминиевые сплавы (табл. 41) представляют собой сплавы алюминия с оловом, медью, никелем и другими веществами.

41. Примерное назначение антифрикционных сплавов и условия работы подшипников (ГОСТ 14113—78)

Марка	Назначение	Условия работы подшипников		
		Нагрузка на подшипник, кгс/мм ²	Скорость вращения вала, м/с	Температура масла, °С
A03-7	Для отливки монометаллических вкладышей и втулок	200	15	100
A09-2		250	15	100
A09-1, A020-1		300	20	120
A0-6-1	Для получения биметаллической ленты со сталью и дюралюмином методом прокатки с последующей штамповкой вкладышей с толщиной антифрикционного слоя менее 0,5 мм	320	20	120
АН-2,5	Для отливки вкладышей и получения прокатной моно- и биметаллической ленты для штамповки вкладышей с толщиной антифрикционного слоя менее 0,5 мм	200	15	100
АСМ	Для получения биметаллической ленты со сталью методом прокатки с последующей штамповкой вкладышей с толщиной антифрикционного слоя менее 0,5 мм	200	10	100
АМСТ		400	15	120

Антифрикционные сплавы на цинковой основе применяют для изготовления втулок, вкладышей и других деталей узлов трения (табл. 42).

42. Механические и технологические свойства цинковых сплавов (ГОСТ 21437—75)

Марка	Механические свойства			Технологические свойства		
	$\sigma_{в'}$ кгс/мм ²	δ , %	НВ	Коэффициент трения		Коррозионная стойкость
				со смазкой	без смазки	
ЦАМ—10—5	32,8	1,0	104	0,009	0,35	Нестойкий в смазочных маслах Нестойкий в парах воды, кислот, щелочей. Стойкий в смазках
ЦАМ—9—1,5	30	5,2	84,5	0,012	0,18	

Цинковые сплавы сваривают газовой сваркой электродами из основного материала с применением в качестве защитной среды восстановительного пламени. Сплавы лютят в кокиль при температуре заливки 440—470 °С.

Титановые сплавы (табл. 43) разделяют на литейные и деформируемые. Они обладают целым рядом преимуществ по сравнению с другими конструкционными материалами: 1) высокой коррозионной стойкостью; 2) немагнитностью; 3) высокой удельной прочностью; 4) низкой теплопроводностью; 5) малым коэффициентом линейного расширения.

Наиболее распространены литейные сплавы ВТ1Л, ВТ5Л, ВТ9Л. Сплав ВТ1Л обладает наибольшей химической стойкостью; его применяют для деталей, работающих в агрессивных средах. Механические свойства низкие. Сплав ВТ5Л применяют для деталей, работающих при температурах от —253 до +350 °С. Сплав ВТ9Л наиболее высокопрочный и предназначен для изготовления нагруженных деталей, работающих при температуре до 500 °С.

Титановые сплавы удовлетворительно обрабатываются резанием, могут свариваться.

43. Механические свойства титановых сплавов

Марка	$\sigma_{в'}$ кгс/мм ²	δ , %	$\alpha_{п'}$ кгс·м/см ²	Марка	$\sigma_{в'}$ кгс/мм ²	δ , %	$\alpha_{п'}$ кгс·м/см ²
Литейные				Деформируемые (ГОСТ 19807—74)			
ВТ1Л	35	10	4	ВТ1—0	38	20—25	—
ВТ5Л	70	6	3	ВТ3—1	95—115	10—16	3—6
ВТ3—1Л	95	4	2,5	ВТ4	70	10—20	—
ВТ6Л	85	5	2,5	ВТ5	80—95	12—25	3—6
ВТ9Л	95	4	2	ВТ6С	90—100	8—13	—
ВТ14Л	90	5	2,5	ВТ14	90—112	4—8	—
ВТ21Л	100	4	2				

Олово (табл. 44) выпускают в виде чушек и прутков (ГОСТ 860—75).

44. Свойства и назначение олова

Марка	Характеристика, назначение
ОВ4-000	Особочистое, для полупроводниковой техники. В пищевой промышленности, для лужения консервной жести
О1пч	Для лужения жести, изготовления припоев
О1	Для изготовления баббитов, припоев, труб, фольги, лужения кухонной утвари
О2	

Баббиты (табл. 45, 46) (ГОСТ 1320—74) выпускают в виде чушек; они представляют собой сплавы олова с сурьмой, свинцом, медью, кадмием, никелем, мышьяком.

45. Условия применения баббитов

Марка	Нагрузка	Давление p , кгс/см ²	Окружная скорость v , м/с	Напряженность работы $p \cdot v$, кгс·м/(см ² ·с)	Рабочая температура, °С	Область применения
Б88	Спокойная, ударная	200, 150	50	750	75	Подшипники, работающие при больших скоростях и высоких динамических нагрузках. Подшипники быстроходных дизелей
Б83 Б83С	То же	150, 100 150, 100	50 50	750, 500 750, 500	70	Подшипники, работающие при больших скоростях и средних нагрузках. Подшипники турбин, дизелей, опорные подшипники гребных валов
БН	»	100, 75	30	300, 200	70	Подшипники, работающие при средних скоростях и нагрузках. Подшипники компрессоров и дизелей
Б16	Спокойная	100	30	300	70	Подшипники оборудования тяжелого машиностроения
БС6	Ударная	150	—	—	70	Подшипники автотракторных двигателей

46. Физико-механические свойства баббитов

Марка	γ , г/см ³	НВ (при 20 °С)	σ_T	$\sigma_{сж}$	Температура, °С		
			кгс/мм ²		начала плавления	плавления	заливки
Б88	7,35	27—30	—	—	—	320	380—420
Б83	7,38	27—30	8—8,5	11—12	240	370	440—460
Б83С	7,4	27—30	—	—	230	400	440—460
БН	9,55	27—29	7—7,4	12,5—13	240	400	480—500
Б16	9,29	30	8,6	14,7	240	410	480—500
БС6	10,05	15—17	—	—	247	280	—

Платина, серебро и их сплавы (табл. 47, 48) имеют широкое применение в различных областях техники. В обозначении марок: Пл — платина, Пд — палладий, И — иридий, Рд — родий, Ру — рутений, М — медь, Н — никель, Ср — серебро.

47. Примерное назначение сплавов платины (ГОСТ 13498—68)

Марки	Назначение
Пл; ПлИ-5; ПлЛ-10; ПлИ-15; ПлИ-17,5; ПлИ-20; ПлИ-25; ПлИ-30 ПлПд-10; ПлПд-15; ПлПд-20 ПлПдРд-3,5 ПлРд-7, ПлРд-7,5; ПлРд-10; ПлРд-20; ПлРд-30; ПлРд-40 ПлМ-2,5; ПлМ-8,5 ПлН-4,5; ПлРу-8; ПлРу-10	Контакты (скользящие, разрывные), медийские принадлежности Контакты, высокотемпературные припои, потенциометры Катализаторные сетки Термопары, лабораторная посуда, техническая аппаратура, стеклоплавильные сосуды, катализаторные сетки Потенциометры Контакты (разрывные, скользящие)

48. Примерное назначение серебра и его сплавов (ГОСТ 6836—72)

Марка	Назначение
Ср999,9; Ср999; СрМ970; СрМ960; СрМ950; СрМ940; СрМ900 СрМ925; СрМ916; СрМ875 СрМ800; СрМ770; СрМ750; СрМ500 СрПл4; СрПл12; СрПд20; СрПд40; СрПдМ30—20	Контакты разрывные и скользящие, электротехнические проводники Контакты, электротехнические проводники, ювелирные изделия Контакты скользящие, электротехнические проводники Контакты разрывные и скользящие

Кадмий (ГОСТ 1467—77) в зависимости от химического состава выпускают марок Кд0АС, Кд0С, Кд1С, Кд2С, Кд0А, Кд1, Кд2. Количество примесей наименьшее в кадмии марки Кд0АС (0,02 %) и наибольшее в Кд2 (0,17 %).

Магний (ГОСТ 804—72) в зависимости от химического состава выпускают марок Мг96, Мг95, Мг90 (соответственно 0,4 %, 0,5 % и 0,6 % примесей). Поставляют в виде чушек массой $8,0 \pm 1,0$ кг. Магниево-сплавов подразделяют на литейные и деформируемые (табл. 49, 50). Магний и его сплавы быстро корродируют в контакте с другими металлами.

Никель (ГОСТ 849—70) в зависимости от химического состава выпускают марок Н-0, Н-1у, Н-1, Н-2, Н-3, Н-4. Никель марки Н-0 содержит не более 0,01 % примесей, Н-4—2,4 % примесей. Никель марок Н-0, Н-1у, Н-1 поставляют в виде катодных листов или пластинок; никель марок Н-2 и Н-3 в виде катодных листов или пластинок, слитков, гранул, никель марки Н-4 в виде слитков и

гранул. Марки никеля и его сплавов для электронной техники приведены в ГОСТ 19241—73.

Марки никеля, никелевых и медно-никелевых сплавов, обрабатываемых давлением, приведены в ГОСТ 492—73.

49. Свойства магниевых деформируемых сплавов (ГОСТ 14957—76)

Мар- ка	λ , кал/(см·с·°C)	σ_B	σ_T	δ , %	НВ	Характеристика сплава
		кгс/мм ²				
МА1	0,30	21	12	8	45	Коррозионноустойчив, удовлетворительно пластичен в горячем состоянии, хорошая свариваемость и обрабатываемость резанием
МА2	0,23	26	16	8	55	Высокая пластичность в горячем и удовлетворительная в холодном состоянии. Отличная обрабатываемость резанием
МА5	0,18—0,23	30	22	8	75	Повышенная прочность и пониженная пластичность. Отличная обрабатываемость резанием
МА8	0,32	27	16—20	11	50	Хорошая свариваемость

50. Свойства и назначение магниевых литейных сплавов (ГОСТ 2856—79)

Марка	λ , кал/(см·с·°C)	σ_B , кгс/мм ²	δ , %	НВ	Назначение
Мл2	0,32	9	3	30	Свариваемые детали несложной формы, арматура
Мл3	0,25	16	6	40	
Мл4	0,19	22	2	60	Арматура, детали, требующие повышенной герметичности
Мл5	0,185	15—22	1—2	50—60	Корпуса приборов, детали самолетов, подвергаемые статическим нагрузкам
Мл6	0,185	15—21	1—3	50—65	Высоконагруженные детали самолетов, двигателей, агрегатов и приборов корпуса пневмоинструментов, радиоаппаратура
					Средненагруженные детали, корпуса, радиоаппаратура

Твердые сплавы (табл. 51)—сплавы на основе карбидов тугоплавких материалов (вольфрама, титана, хрома), связанных кобальтом, легированной сталью или жаропрочным никелевым сплавом. Их изготавливают методами порошковой металлургии; выпускают в виде пластин различной формы для оснащения режущего инструмента, матриц для прессования полуфабрикатов и волочения проволоки.

51. Основные характеристики и назначение твердых спеченных сплавов (ГОСТ 3882—74)

Марка	γ , г/см ³	HRC	$\sigma_{\text{н}}$, кгс/мм ²	Назначение, эксплуатационные свойства
ВК3	15—15,3	89,5	110	Чистовое и получистовое точение, резка стекла, обработка чугуна. Высокая износостойкость, умеренная прочность и сопротивляемость ударам
ВК3-М	15,3	91,0	110	
ВК6	14,6—15,0	88,5	150	
ВК6-М	14,8—15,1	90	135	
ВК4	14,9—15,2	89	140	Черновое точение. Черновое и чистовое фрезерование, сверление, зенкерование при обработке чугуна, сплавов, неметаллических материалов. Высокая износостойкость и эксплуатационная прочность
ВК8	14,4—14,8	87,5	160	Черновая обработка резанием чугуна, цветных металлов, жаропрочных сплавов. Волочение и калибровка труб, проволоки. Штамповый инструмент
ВК8-В	14,4—14,8	86,5	175	Бурение, волочение труб и прутков при повышенных обжатиях. Износостойкость ниже, чем у сплава ВК8, а эксплуатационная прочность выше
ВК10	14,2—14,6	87,0	165	Волочение труб и прутков из сталей, изготовление быстроизнашивающихся деталей машин, приспособлений. Малая износостойкость, более высокая эксплуатационная прочность, чем у сплава ВК8
ВК15	13,9—14,1	86,0	180	Ударное бурение горных пород, гранита. Обработка дерева резанием. Изготовление быстроизнашивающихся деталей штампов. Высокая ударная и эксплуатационная прочность
ВК20	13,4—13,7	84,0	195	Штамповый инструмент, быстроизнашивающиеся детали машин. Эксплуатационная и ударная прочность выше, чем у сплава ВК15, а износостойкость ниже
ВК25	12,9—13,2	82,0	200	
Т30К4	9,5—9,8	92	95	Чистовое точение с малым сечением среза и другие виды обработки сталей. Высокая износостойкость, малая эксплуатационная прочность
Т15К6	11,1—11,6	90	115	Черновое и получистовое точение при непрерывном резании, чистовое точение при прерывистом резании сталей. Эксплуатационная прочность выше, а износостойкость ниже, чем у сплава Т30К4
Т14К8	11,2—11,6	89,5	125	
Т5К10	12,4—13,1	88,5	140	Черновое точение, строгание, черновое фрезерование сталей
Т5К12	13,1—13,5	87,0	165	Черновое точение стальных поковок, отливок с раковинами и коркой
ТТ10К8-Б	13,5—13,8	89,0	130	Черновая и чистовая обработка труднообрабатываемых материалов. Высокая эксплуатационная прочность и стойкость к ударам. Умеренная износостойкость

Припой. Припоем называется металл или сплав, предназначенный для соединения деталей пайкой. Температура плавления припоев должна быть ниже температуры плавления материалов паяемых деталей.

Припои разделяют на мягкие ($t_{пл} \leq 400^\circ\text{C}$) и твердые ($t_{пл} > 400^\circ\text{C}$). Основные материалы мягких припоев — сплавы олова и свинца. Их обозначение (например, ПОС 61) расшифровывается так: П — припой, ОС — оловянно-свинцовый, 61 — содержание олова в процентах. Основные характеристики мягких припоев и область их применения приведены в табл. 52, 53.

52. Припои оловянно-свинцовые в чушках (ГОСТ 21930—76)

Марка	Химический состав *1		Температура плавления, °С	Удельное электрическое сопротивление, Ом·мм ² /м	Коэффициент теплопроводности, кал/(см·с·°С)	δ, %
	Олово	Сурьма				
Бессурьмянистые						
ПОС 90	89—91	—	220	0,120	0,130	40
ПОС 61	59—61	—	190	0,139	0,120	46
ПОС 40	39—41	—	238	0,159	0,100	52
ПОС 10	9—10	—	299	0,200	0,084	44
ПОС 61М	59—61	Св 1,2—2,0	192	0,143	0,117	40
ПОСК 50—18	49—51	Cd 17—19	145	0,133	0,130	40
Малосурьмянистые						
ПОССу 61—0,5	59—61	0,05—0,5	189	0,140	0,120	42
ПОССу 50—0,5	49—51	0,05—0,5	216	0,149	0,112	55
ПОССу 40—0,5	39—41	0,05—0,5	235	0,169	0,100	50
ПОССу 35—0,5	34—36	0,05—0,5	245	0,172	0,100	47
ПОССу 30—0,5	29—31	0,05—0,5	255	0,179	0,090	45
ПОССу 25—0,5	24—26	0,05—0,5	266	0,182	0,090	45
ПОССу 18—0,5	17—18	0,05—0,5	277	0,198	0,084	45
Сурьмянистые						
ПОССу 95—5	94—96	4,0—5,0	240	0,145	0,110	46
ПОССу 40—2	39—41	1,5—2,0	229	0,172	0,100	48
ПОССу 35—2	34—36	1,5—2,0	243	0,179	0,090	40
ПОССу 30—2	29—31	1,5—2,0	250	0,182	0,080	40
ПОССу 25—2	24—26	1,5—2,0	260	0,185	0,090	35
ПОССу 18—2	17—18	1,5—2,0	270	0,206	0,081	35
ПОССу 15—2	14—15	1,5—2,0	275	0,208	0,080	35
ПОССу 10—2	9—10	1,5—2,0	285	0,208	0,080	30
ПОССу 8—3	7—8	2,0—3,0	290	0,207	0,081	43
ПОССу 7—1	4—5	0,5—1,0	308	0,200	0,084	40
ПОССу 4—6	3—4	5,0—6,0	270	0,208	0,080	15

*1 Остальное свинец.

*1 Остальное свинец.

53. Области применения оловянно-свинцовых припоев

Марка	Применение
ПОС 90	Лужение и пайка швов пищевой посуды и медицинской аппаратуры
ПОС 61	Лужение и пайка электрорадиоаппаратуры, точных приборов с высокогерметичными швами, где не допускается перегрев
ПОС 40	Лужение и пайка электрорадиоаппаратуры, деталей из оцинкованного железа с герметичными швами
ПОС 10	Лужение и пайка контактных поверхностей электрических аппаратов, приборов, реле
ПОС 61М	Лужение и пайка медной проволоки, печатных проводников в кабельной промышленности, электро- и радиоэлектронной промышленности
ПОСК 50—18	Пайка деталей, чувствительных к перегреву
ПОССу 61—0,5	Лужение и пайка электроаппаратуры, обмоток электрических машин, оцинкованных радиодеталей при жестких требованиях к перегреву
ПОССу 50—0,5	Лужение и пайка авиационных радиаторов, пайка пищевой посуды с последующим лужением оловом
ПОССу 40—0,5	Лужение и пайка жестн, обмоток электрических машин, пайка радиаторных трубок, холодильных агрегатов, оцинкованных деталей
ПОССу 35—0,5	Лужение и пайка свинцовых кабельных оболочек, электротехнических изделий неответственного назначения
ПОССу 30—0,5	Лужение и пайка листового цинка, радиаторов
ПОССу 25—0,5	Лужение и пайка радиаторов
ПОССу 18—0,5	Лужение и пайка трубок теплообменников, электрических ламп
ПОССу 95—5	Пайка трубопроводов, работающих при повышенных температурах
ПОССу 40—2	Лужение и пайка холодильных установок, тонколитровой установки Припой широкого назначения
ПОССу 30—2	Лужение и пайка в холодильном и электроламповом производстве, абразивная пайка
ПОССу 18—2, ПОССу 15—2, ПОССу 10—2, ПОССу 8—3	Пайка в автомобилестроении
ПОССу 5—1	Лужение и пайка в электроламповом производстве
ПОССу 4—5	Лужение и пайка деталей, работающих при повышенной температуре
	Пайка белой жести, лужение и пайка деталей с закатанными и клепаными швами из латуни и меди, шпателька кузовов автомобилей

Твердые припои выполняют на серебряной основе (например, ПСр 72, где 72—содержание серебра, %) или на медно-латунной и медно-никелевой основах. Серебряные припои применяют для пайки черных и цветных металлов, кроме сплавов алюминия и магния, а припои на медной основе—для пайки углеродистых и легированных сталей, никеля и его сплавов. Основные свойства твердых припоев приведены в табл. 54.

54. Свойства серебряных припоев (ГОСТ 19738—74)

Марка	Температура плавления, °C	Удельное электрическое сопротивление, мкОм·см	Плотность, г/см³	Марка	Температура плавления, °C	Удельное электрическое сопротивление, мкОм·см	Плотность, г/см³
ПСр 72	779	2,1	10	ПСр 15	640	20,7	8,5
ПСр 50	779	2,5	9,3	ПСр 40	590	7,0	9,25
ПСр 70	715	4,1	9,8	ПСр 37,5	725	37,2	8,9
ПСр 65	695	8,6	9,45	ПСр 62	650	25,5	9,6
ПСр 45	665	10	9,1	ПСр 3	304	20,4	11,4
ПСр 25	740	7,7	8,7	ПСр 2,5	295	21,4	11
ПСр 12М	793	7,4	8,3	ПСр 2	235	16,7	9,5
ПСр 10	822	7,3	8,1	ПСр 1,5	273	19,1	10,4
ПСр 71	645	4,3	9,8				

55. Параметры (мм) листовой горячекатаной стали

Толщина	Ширина	Длина	Толщина	Ширина	Длина
В листах			8,0—10,0	700—2500	2000—12 000
0,5—0,6	600—710	1200—1400	11—12,0	1000—2500	2000—12 000
0,65—0,75	600—710	1420—2000	13—25,0	1000—2800	2500—12 000
0,8—0,9	600—800	1500—2000	42—160	1250—3800	2500—12 000
1,0	600—1000	1420—2000	В рулонах		
1,2—1,4	600—1200	2000—3000	1,2—12,0	500—630	—
1,5—1,8	600—1500	2000—6000	1,5—12,0	650—1400	—
2,0—2,2	600—1500	2000—6000	3,0—12,0	1500—1800	—
2,5—2,8	600—1500	2000—6000	6,0—10,0	1900—2000	—
3,0—3,9	600—1800	2000—6000	7,0—10,0	2100—3200	—
4,0—5,0	700—1800	2000—6000			
6,0—7,0	700—2000	2000—6000			

56. Параметры (мм) листовой холоднокатаной стали

Толщина	Ширина	Длина	Толщина	Ширина	Длина
В листах			В рулонах		
0,5	500—1100	1000—3000	0,5—3,0	500—1000	—
0,55—0,65	500—1250	1000—3500	0,55—3,0	1100—1250	—
0,7—0,75	500—1420	1000—4000	0,7—3,0	1400	—
0,8—1,0	500—1500	1000—4000	0,7—2,5	1420	—
1,1—1,3	500—1800	1000—6000	1,1—2,5	1600	—
2,2—2,5	500—2300	1000—6000	2,2—2,5	1900—2300	—
2,8—3,2	500—2300	1000—6000			
3,5—3,9	1250—2300	2000—4750			
4,0—4,5	1250—2300	2000—4500			

СОРТАМЕНТ

Черные металлы. Сталь различного качества поставляют в виде обжатой (квадратной) болванки; заготовки квадратной (ГОСТ 4693—77); кованой круглой и квадратной (ГОСТ 1133—71), горячекатаной круглой (ГОСТ 2590—71), квадратной (ГОСТ 2591—71) и шестигранной (ГОСТ 2879—69); калиброванной круглой, квадратной и шестигранной; круглой со специальной отделкой поверхности (ГОСТ 14955—77).

Прокатную угловую равнополочную сталь (ГОСТ 8509—72) поставляют длиной 4—13 м (по согласованию сторон допускается изготовление профилей длиной свыше 13 м) с полками шириной 20—250 мм и толщиной 3—30 мм.

Прокатную угловую неравнополочную сталь (ГОСТ 8510—72) поставляют длиной 4—13 м с малыми полками шириной 16—160 мм, большими полками шириной 25—250 мм и толщиной 16—160 мм.

Угловую холодногнутую сталь выпускают в виде равнобоких и неравнобоких профилей. Равнобокие профили из углеродистой стали изготавливают с полками шириной 16—220 мм и толщиной 1—10 мм. Неравнобокие профили из углеродистых и низколегированных сталей изготавливают с большими полками шириной 25—220 мм, малыми полками шириной 20—180 мм и толщиной 1,5—10 мм. Равнобокие профили из низколегированных сталей изготавливают с полками шириной 16—200 мм и толщиной 1,0—10 мм. Профили поставляют длиной 4—12 м.

Стальные гнутые неравнополочные уголки (ГОСТ 19772—74) изготавливают из сталей обыкновенного качества, углеродистой и низколегированной с большими полками шириной 25—160 мм, малыми полками шириной 20—125 мм и толщиной 1,5—8,0 мм. Длина профилей 4—12 м.

Стальные горячекатаные швеллеры (ГОСТ 8240—72) выпускают с уклонами внутренних граней полок и без уклонов. Высота швеллеров 50—400 мм, ширина полок 32—115 мм, толщина стенок 4,4—8,0 мм. Швеллеры поставляют длиной 4—13 м (по согласованию сторон допускается изготовление профиля длиной свыше 13 м).

Стальные гнутые равнополочные швеллеры (ГОСТ 8278—75) изготавливают высотой 30—400 мм с шириной полок 10—200 мм, толщиной профиля 1—10 мм; длина швеллеров 4—12 м.

Неравнополочные стальные холодногнутые швеллеры (ГОСТ 8281—80) поставляют высотой 16—270 мм с большой полкой шириной 20—90 мм, малой полкой шириной 10—80 мм; длина швеллеров 4—12 м.

Гнутые стальные С-образные профили (ГОСТ 8282—76) выпускают высотой 16—400 мм с горизонтальной полкой и шириной 10—160 мм. Толщина профиля 2—7 мм. Профили изготавливают длиной 3—12 м.

Номинальные размеры (мм) изделий из стали различного качества (диаметр, сторона квадрата, диаметр круга, вписанного в шестиугольник):

Болванка обжатая — 140; 160; 180; 190; 200; 220; 250; 280; 300; 320; 360; 400; 450;

заготовка квадратная — 40; 50; 45; 56; 60; 63; 70; далее до 110 через 5 мм; 120; 125; 130; далее до 220 через 10 мм;

сталь кованая круглая или квадратная — 40; 42; 45; 48; 50; 52; 55; 58; 60; 63; 65; 68; 70; 73; 75; 78; 80; 83; 85; далее до 200 через 5 мм;

сталь горячекатаная круглая — 5; 5,5; 6; 6,3; 6,5; 7; далее до 48 через 1 мм; 52; 53; 54; 55; 56; 57; 58; 60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 72; 75; 78; 80; 82; 85; далее до 135 через 5 мм, от 160 до 250 через 10 мм;

сталь горячекатаная квадратная — от 5 до 48 через 1 мм; 50; 52; 55; 58; 60; 63; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 93; 95; 100; 105; 110; 115; далее до 150 через 5 мм; от 160 до 200 через 10 мм;

сталь горячекатаная шестигранная — от 8 до 22 через 1 мм; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 52; 55; 60; 63; 65; далее до 100 через 5 мм;

сталь калиброванная круглая, квадратная, шестигранная — 3; 3,2; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,3; 7; далее до 30 через 1 мм; 32; 34; 36; 38; 41; 42; 45; 46; 48; 50; 53; 55; 56; 60; 63; 65; далее до 100 через 5 мм;

сталь серебрянка — 0,2; 0,25; 0,3; далее до 3,0 через 0,05 мм; от 3,1 до 10 через 0,1 мм; от 10,25 до 14 через 0,25 мм; 14,5; 15; 16; 17; 18; 18,5; 19; 19,5; 20; далее до 30 через 1,0 мм.

Двутавровые балки из горячекатаной стали (ГОСТ 8239—72) изготавливают высотой 100—600 мм с полками шириной 5,5—190 мм, с профилем толщиной 4,5—12 мм, длиной 4—13 м (по соглашению сторон допускается изготовление балок длиной более 13 м).

Стальные гнутые зетовые профили (ГОСТ 13229—78) выпускают из углеродистой стали высотой 10—250 мм с полками шириной 10—90 мм, толщиной 1,2—6,0 мм, длиной 4—12 м.

Листовую горячекатаную (ГОСТ 19903—74) и холоднокатаную (ГОСТ 19904—74) сталь выпускают в листах и рулонах (табл. 55, 56).

Горячекатаная листовая двухслойная коррозионностойкая сталь (ГОСТ 10885—75) имеет основной слой, выполненный из углеродистой или низколегированной стали, и плакирующий слой из коррозионностойкой стали или никеля. Толщина листов и коррозионностойкого слоя приведена в табл. 57.

57. Листы двухслойные коррозионностойкие

Общая толщина листов, мм	Толщина коррозионностойкого слоя, мм	Общая толщина листов, мм	Толщина коррозионностойкого слоя, мм
4; 5	1,0—1,5	32; 36; 40	4,0—6,0
6; 7	1,5—2,0	45; 48; 50	4,5—7,0
8; 9; 10; 11; 12; 14	2,0—3,0	53; 55; 60	5,0—7,5
16; 18; 20	2,5—3,5	65; 70; 75; 80; 85	6,0—12,0
22; 24; 25	3,0—4,0	90; 95; 100; 105; 110	6,0—15,0
28; 30	3,5—5,0	120; 125; 130; 140; 150; 160	6,0—20,0

Примечание. В двухслойной стали, изготовленной электрошлаковой сваркой, промежуточный слой относится к основному. Длина и ширина двухслойных листов соответствует ГОСТ 19903—74.

Толстолистовую коррозионностойкую, жаростойкую и жаропрочную сталь (ГОСТ 7350—77) изготавливают в виде листов толщиной 4—50 мм. Размеры листов должны соответствовать ГОСТ 19903—74.

Тонколистовую конструкционную легированную высококачественную сталь специального назначения (ГОСТ 11268—76) выпускают с размерами, регламентированными ГОСТ 19903—74 и ГОСТ 19904—74.

Стальную горячекатаную ленту (ГОСТ 6009—74) выпускают шириной 20—220 мм и толщиной 1,5—5,0 мм.

Стальные горячекатаные полосы изготавливают шириной 12—200 мм и толщиной 4—60 мм (табл. 58).

58. Размеры полос, мм

Ширина	Толщина
12, 14	От 4 до 8 через 1 мм
16	» 4 » 10 » 1 мм, 12
18	» 4 » 10 » 1 мм
20, 22	» 4 » 12 » 1 мм
25, 28	» 4 » 12 » 1 мм, 14, 16
30, 32, 36	» 4 » 12 » 1 мм, 14, 16, 18, 20
40	» 4 » 12 » 1 мм
	» 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 32
45; 50, 56,	» 4 » 12 » 1 мм,
	» 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 30, 32, 36
60, 63, 65, 70, 75	» 4 » 12 » 1 мм,
	» 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45,
80	» 4 » 12 » 1 мм,
	» 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45, 50, 56
От 85 до 130 через 5	» 4 » 12 » 1 мм,
» 140 » 200 » 10	» 14 » 22 » 2 мм, 25, 28, 30, 36, 40, 45, 50, 56, 60

Полосы горячекатаные из высококачественной стали 18ЮА (ГОСТ 15883—70) предназначены для производства изделий способом холодной вытяжки. Полосы изготавливают размером 195××1900 мм, толщиной $8,55 \pm 0,15$ мм.

Кровельную сталь тонколистовую (ГОСТ 17715—72) разделяют на обычную (черную) марок СТК-1 и СТК-2 в зависимости от состояния поверхности и оцинкованную, со слоем цинка не менее 0,02 мм. Сталь выпускают в виде листов толщиной 0,35—0,8, шириной 510—1000 и длиной 710—2000 мм.

Крутую холодноотянутую проволоку (ГОСТ 2771—57) изготавливают из стали, меди, алюминия и др. Сортамент проволоки приведен в табл. 59.

59. Номинальные диаметры (мм) круглой холодноотянутой проволоки

Группа размеров				Группа размеров			
I	II	III	IV	I	II	III	IV
—	—	0,005		0,010	0,010	0,010	
—	—	0,0056		—	—	0,011	
0,006	0,006	0,006		—	0,012	0,012	
—	—	0,007		—	—	0,014	
—	0,008	0,008	—	0,016	0,016	0,016	—
—	—	0,009		—	—	0,018	

Продолжение табл. 59

Группа размеров				Группа размеров			
I	II	III	IV	I	II	III	IV
—	0,020	0,020	—	—	—	—	0,85
—	—	0,022		—	—	—	0,90
0,025	0,0250	0,025		—	—	0,90	0,95
—	—	0,028		—	—	—	—
—	0,30	—	—	1,00	1,00	1,00	1,00
—	—	0,032		—	—	—	1,05
—	—	0,036		—	—	1,10	1,10
0,040	0,040	0,040		—	1,20	1,20	1,15
—	—	0,045		—	—	—	1,20
—	0,50	0,050	—	—	—	1,40	1,30
—	—	—		—	—	—	1,40
—	—	—		—	—	—	1,40
—	—	—		—	—	—	1,50
—	—	—		1,60	1,60	1,60	1,60
—	—	—		—	—	—	1,70
0,060	0,060	0,056	—	—	—	1,80	1,80
—	—	—		—	—	—	1,90
—	—	0,063		—	2,00	2,00	2,00
—	—	0,070		—	—	—	2,10
—	0,080	0,080		—	—	2,20	2,20
—	—	0,090		—	—	—	2,40
—	—	—	От 0,1 до 0,28 через 0,01	2,5	2,5	2,5	2,50
0,10	0,10	0,10		—	—	—	2,60
—	—	0,11		—	—	2,80	2,80
—	0,12	0,12		—	3,00	—	3,00
—	—	—		—	—	3,2	3,20
—	—	0,14		—	—	—	3,40
0,16	0,16	0,16		—	—	3,6	3,60
—	—	0,18		—	—	—	3,80
—	0,20	0,20		4,0	4,0	4,0	4,0
—	—	0,22		—	—	—	4,2
0,25	0,25	0,25		—	—	4,5	4,5
—	0,30	0,28		—	—	—	4,8
—	—	—	От 0,32 до 0,42 через 0,02	—	5,0	5,0	5,0
—	—	—		—	—	—	5,3
—	—	0,32		—	—	5,6	5,6
—	—	—		6,0	6,0	—	6,0
—	—	0,36		—	—	6,3	6,3
—	—	—		—	—	—	6,7
—	—	—		—	—	7,0	7,0
0,40	0,40	0,40		—	—	—	7,5
—	—	—		—	8,0	8,0	8,0
—	—	—		—	—	—	8,5
—	—	—	0,45 — 0,50 — 0,56 — 0,60 — 0,63 — 0,67 — 0,70 — 0,75 — 0,80	—	—	9,0	9,0
—	—	—		—	—	—	9,5
—	—	0,45		—	—	—	—
—	—	—		10,0	10,0	10,0	10,0
—	0,50	0,50		—	—	—	10,5
—	—	—		—	—	11,0	11,0
—	—	0,56		—	—	—	11,5
0,60	0,60	—		—	12,0	12,0	12,0
—	—	0,63		—	—	—	13,0
—	—	—		—	—	14,0	14,0
—	—	0,70		—	—	—	15,0
—	—	—		—	—	—	15,0
—	0,80	0,80		16,0	16,0	16,0	16,0

Примечания: 1. Группу размеров IV применять не рекомендуется.
 2. По требованию заказчика допускается поставлять проволоку размеров: 0,31; 0,35; 0,37; 0,55; 0,65; 1,25; 2,3; 2,7; 2,9; 3,1; 3,3; 3,5; 5,5; 5,8; 6,5 мм.

Низкоуглеродистую качественную проволоку (ГОСТ 792—67) изготавливают без покрытия (светлая КС) и с покрытием (оцинкованную КО) диаметром 0,5—6,0 мм.

Стальную углеродистую пружинную проволоку (ГОСТ 9389—75) в зависимости от механических свойств выпускают четырех классов: I, II, IIa, III диаметром от 0,14 до 8,0 мм.

Стальную пружинную термически обработанную проволоку (ГОСТ 1071—67) изготавливают диаметром 1,20—5,50 мм.

Стальную проволоку для пружинных шайб (ГОСТ 11850—72) выпускают квадратного, прямоугольного и трапецидального сечений со стороной квадрата 0,5—10,0 мм и со сторонами прямоугольника от 0,5×0,8 мм до 7,5×10,0 мм.

Трубы. Основной сортамент стальных труб приведен в табл. 60.

60. Основной сортамент стальных труб

Название или назначение труб	Наруж- ный диаметр	Толщина стенки	Длина, м	ГОСТ
	мм			
Малых размеров	0,32—4,80	0,1—1,6	0,3—7,0	14162—79
Прецизионные:				
горячекатаные	25—325	2,5—50,0	4,0—12,0	9567—75
калиброванные	5—710	0,2—32,0	1,0—11,5	9567—75
Особотонкостенные корро- зионностойкие бесшовные, холоднотянутые и катаные	4,0—120,0	0,2—1,0	1,0—8,0	10498—63 *
Общего назначения:				
бесшовные холоднотяну- тые и катаные	5,0—250	0,3—24,0	1,5—12,5	8734—75
бесшовные горячеката- ные	25—820	2,5—75,0	4,0—12,5	8732—78
Электросварные холодно- катаные и тянутые	5,0—110,0	0,5—5,0	1,5—9,0	10707—73 *
Общего назначения элект- росварные с прямым швом	8,0—1620	1,0—16,0	2,0—10,0	10704—76
Коррозионностойкие:				
бесшовные, горячедефор- мированные	57,0—325	1,5—32,0	1,5—10,0	9940—72 *
бесшовные холодно- и теплодеформированные	5,0—250	0,2—22,0	1,5—9,0	9941—72 *
Водогазопроводные свар- ные	10,2—165	1,8—5,5	4—12	3262—75
Высокого давления для дизелей бесшовные	6—13	—	0,5	11017—80
Для мотовелопромышлен- ности:				
бесшовные волоченые и не волоченые	6—102	0,8—7,5	1,5—9,0	12132—66 *
Электросварные	6—102	0,8—7,5	1,5—9,0	12132—66 *

Цветные металлы. Размеры листов из алюминия и алюминиевых сплавов (ГОСТ 21631—76) в зависимости от марки сплава и состояния поставки приведены в табл. 61.

Характеристики труб из цветных металлов и сплавов приведены в табл. 62.

61. Размеры листов (мм) из алюминия и его сплавов (ГОСТ 21631—76)

Состояние материала листов	Марка алюминия, сплава	Толщина	Ширина	Длина
Без термической обработки	A7, A6, A5, A0	От 5,0 до 10,5	600, 800, 900, 1000	2000
	AD0, AD1		600, 800, 900	2000
	AD0, AD1, AMц, AMцС, AMг2, AMг3, AMг5, AMг6, AB, AD1, D16, B95—2A, BD1		1000, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000	От 2000 до 7000
	B95A			
Отожженные	A7, A6, A5, A0, AD0, AD1	» 0,3 » 10,5	600, 800, 900, 1000	2000
	AD0, AD1, AMц, AMцС, AB, AMг2	» 0,5 » 10,5	От 1000 до 2000	От 2000 до 7000
	AMг3, AMг5, AMг6	» 0,5 » 10,5	» 1000 » 2000	» 2000 » 7000
	D12	» 0,5 » 4,0	1200, 1500	» 3000 » 4000
	D1A, D16B, D16	» 0,5 » 10,5	От 1000 до 2000	» 2000 » 7000
	D16У	» 0,5 » 4,0	1200, 1500	» 2000 » 3000
	B95A	» 0,5—10,5	От 1000 до 2000	» 2000 » 7000
	B95—2A	» 1,0 » 10,5	1200, 1400, 1500	» 2000 » 7000
	BD1	» 0,8—10,5	От 1000 до 2000	» 2000 » 7000

Состояние материала листов	Марка алюминия, сплава	Толщина	Ширина	Длина
Полунагартованные	АМц, АМцС, АМг2, АМг3	От 0,5—10,5	От 1000 до 2000	От 2000 до 7000
	Д12	» 0,5 » 4,0	1200, 1500	» 3000 » 4000
Нагартованные	А7, А6, А5, А0, АД0, АД1	» 0,3 » 0,5	600, 700, 900, 1000	2000
	АД0, АД1	» 0,5 » 10,5	От 1000 до 2000	От 2000 до 7000
	ММ	» 1,0 » 4,5	1000, 1200, 1400, 1500	» 2000 » 4000
	АМц, АМцС, АМг2	» 0,5 » 10,5	От 1000 до 2000	» 2000 » 7000
	ВД1А	» 0,8 » 10,5	1000, 1200, 1500	» 2000 » 7000
Закаленные и естественно состаренные	АВ, Д1А, Д16Б, Д16А	» 0,5 » 10,5	От 1000 до 2000	» 2000 » 7200
	Д16У	» 0,5 » 4,0	1200, 1500	» 2000 » 7200
	В95—2А, ВД1А	» 0,8—10,5	От 1000 до 2000	» 2000 » 7000
Закаленные и искусственно состаренные	АВ	» 0,5 » 10,0	» 1000 » 2000	» 2000 » 7000
	В95А	» 0,5 » 10,0	» 1000 » 2000	» 2000 » 7000
Нагартованные после закалки и естественного старения	Д16Б, Д16А	» 1,5 » 7,5	1000, 1200, 1400, 1500	» 2000 » 7200

62. Сортамент круглых труб из цветных металлов и сплавов

Трубы	Наружный диаметр		Толщина стенки		Длина труб, м	ГОСТ
	Диапазон размеров, мм	Число размеров	Диапазон размеров, мм	Число размеров		
Бронзовые прессованные	42—300	42	5,0—60,0	20	0,5—4,0	1208—73
Тонкостенные из никеля и его сплавов	0,35—4,5	90	0,05—0,3	6	0,5 и более	13548—77
Латунные для теплообменных аппаратов	10—50	28	0,8—3,0	6	1,5—12,0	21646—76
Медьхиуровые для теплообменных аппаратов	10—50	27	0,8—4,0	8	0,5—6,0	10092—75
Медные	3—360	126	0,5—10,0	17	1,5—6,0	617—72
Из меди и медно-никелевого сплава	25—168	47	2,0—13,5	35	1,0—4,5	17646—72
Из медно-никелевого сплава МНЖ5-1	6—260	61	1,0—10,0	14	1,0—6,0	17217—79
Из бескислородной меди	75—300	21	22,5—72,5	11	0,5—6,0	15040—77
Тонкостенные из никеля и никелевых сплавов	1,5—28	48	0,15—0,7	11	1,0—3,0	11383—75
Прессованные из магниевых сплавов	16—50	20	1,5—3,0	4	2,0—4,0	19441—74
Бесшовные горячекатаные из сплавов на основе титана	83—480	27	6,0—65,0	60	1,5—6,0	21945—76
Свинцовые	15—170	100	2,5—10,0	10	Не менее 1,8	167—69
Манометрические из бронзы БрОФ4—0,25 и латуни Л63	8—22	3	0,2—1,6	19	1,0—3,0	2622—75
Радиаторные	4—11	8	1,15; 0,2	2	—	529—78
Латунные	3—195	—	0,5—4,2	—	1,0—6,0	494—76

По техническим ведомственным условиям выпускается разнообразная номенклатура труб из цветных металлов и сплавов.

Плиты алюминиевые (ГОСТ 17232—79) изготовляют из алюминия АД0, АД1, АД00, АД, А0, А5, А6, А7, сплавов АМц, АМцС, АМг2, АМг3, АМг5, АМг6, АВ, Д1, Д16, В95 и 1915. Толщина 12—200 мм, ширина 1000—2500 мм, длина 2000—8000 мм.

Проволоку для холодной высадки диаметром 1,4—10,0 мм выполняют из сплавов марок по ГОСТ 4784—74; поставляют в нагартованном состоянии, пригодном для высадки.

Электротехническую проволоку (ГОСТ 6132—79) выполняют 0,08—10,0 мм. Подразделяется на марки АТ (твердая), АПТ (полутвердая), АМ (мягкая), АТп (твердая повышенной прочности).

Фасонные прессованные алюминиевые профили поставляют с площадью поперечного сечения до 200 см² с соотношением толщин полок не более 1 : 4.

Бульбоугольники П6500 (ГОСТ 13617—68) размером (минимальный — максимальный) 13×12—30×35 мм.

Полоса заготовочная (ГОСТ 13616—78) размером 4×50—100×120 мм.

Угольник фитинговый П1516 (ГОСТ 13618—68) размером 38×20—100×45 мм.

Фасонный зет П510 (ГОСТ 13619—68) размером 20×15—35×30 мм.

Нормальный зет П500 (ГОСТ 13620—68) размером 20×15—50×35 мм.

Двутавр (ГОСТ 13621—68) размером 30×30—86×95 мм.

Тавр (ГОСТ 13622—79) размером 20×30—220×110 мм.

Равнотолщинный швеллер П300 (ГОСТ 13623—80) размером 15×20—80×140 мм.

Отбортованный швеллер П460 (ГОСТ 13621—80) размером 14×34—35×23 мм.

Таврошвеллер П326 (ГОСТ 17575—72) размером 25×50—90×114 мм.

Равнобокий угольник П50 (ГОСТ 13737—68) размером 12—100 мм.

Равностенный неравнобокий угольник П52 (ГОСТ 13738—68) размером 16×13—140×90 мм.

Трапецевидный отбортованный швеллер П2318 (ГОСТ 17576—72) размером 17×50—70×120 мм.

Сортамент, размеры и допускаемые отклонения *прессованных прутков из алюминия и алюминиевых сплавов* (ГОСТ 21488—76) приведены в табл. 63.

63. Сортамент прессованных алюминиевых прутков

Номинальный размер, мм	Предельное отклонение точности, мм		Площадь сечения, мм ²		
	нормальный	повышенной	Круг	Квадрат	Шестиграннык
5	0,40	0,30	19,6	—	—
6	0,40	0,30	28,3	—	—

Продолжение табл. 63

Номиналь- ный размер, мм	Предельное откло- нение точности, мм		Площадь сечения, мм ²		
	нормаль- ной	повы- шенной	Круг	Квадрат	Шестигран- ник
7	0,58	0,36	38,5	49	42,4
8			50,3	64	55,4
9			63,6	81	70,1
10			78,5	100	86,6
11	0,70	0,43	95,0	121	104,8
12			113,1	144	124,7
13			132,7	169	169,7
14			153,9	196	204,2
15			176,7	225	—
16			201,1	256	—
17			227,0	289	250,3
18			254,5	324	—
19	0,84	0,52	283,5	361	312,6
20			314,2	400	—
22			380,1	484	419,2
23			415,5	—	—
24			452,1	576	498,8
25			490,9	625	—
26			530,9	676	—
27			572,6	729	631,3
28			615,8	784	—
30			706,9	900	779,4
32	1,00	0,62	804,2	1024	886,8
34			907,9	1156	—
35			962,1	—	—
36			1017,9	1296	1122,4
38			1134,1	1444	—
40	1,00	0,62	1256,6	1600	—
41			—	—	1455,8
42			1385,4	1764	—
44			—	1936	—
45			1590,4	—	—
46	1,20	0,74	1661,9	2116	1832,5
48			1809,6	2304	—
50			1963,5	2500	2165,1
52			2123,7	2704	—
55	1,20	0,74	2375,8	3025	2619,7
58			2642,1	3364	—
60			2827,4	3600	3117,7
65			3318,3	4225	3659,0
70			3848,5	4900	4243,0
75			4417,9	5625	4871,0
80			5526,5	6400	5543,0

Продолжение табл. 63

Номиналь- ный размер, мм	Предельное откло- нение точности, мм		Площадь сечения, мм²		
	нормаль- ной	повы- шенной	Круг	Квадрат	Шестигран- ник
85	1,40	1,00	5674,5	7 225	6257,0
90			6361,7	8 100	7014,8
95			7058,2	—	7816,0
100			7 854	10 000	8660
105			8 659	—	—
110			9 503	12 100	—
115			10 387	—	—
120			11 310	14 400	—
125	1,60	—	12 272	—	—
130			13 273	16 900	
135			14 311	—	
140			15 391	19 600	
145			16 513	—	
150			17 672	22 500	
155			18 869	—	
160			20 106	—	
165			21 382	—	
170			22 698	—	
175			24 053	—	
180			25 447	—	
185			26 880	—	
190	2,00	—	28 353	—	—
200			31 416		
И далее до 400 мм с интервалом 10 мм.					
Примечание. Для квадратных и шестигранных прутков разме- ром 75 и 80 мм нормы повышенной точности установлены в 1 мм. Для раз- меров 90, 100 мм и более нормы повышенной точности не устанавли- ваются.					

Основной сортамент изделий из меди приведен в табл. 64.

64. Основной сортамент изделий из меди

Изделие	Марка меди	Толщина или диаметр, мм	ГОСТ
Пруток круглый, квад- ратный и шестигранный	М1, М1р, М2, М2р, М3, М3р	3—50	1535—71
Пруток круглый		20—150	1535—71
Лист и полоса		0,4—12	495—77

Продолжение табл. 64

Изделие	Марка меди	Толщина или диаметр, мм	ГОСТ
Лист	М1, М1р, М2, М2р, М3, М3р	3—25	495—77
Лента общего назначения		0,005—2,0	1173—77
Полоса и лента	М06	2—55 0,05—2,0	15471—77
Лента для коаксиальных кабелей	М1	0,16—0,3	16358—70*
Трубы волноводные	М2, М3	130×65—292×146	20900—75

Прутки латунные (ГОСТ 2060—73*) круглого, квадратного и шестигранного сечения выпускают размером 3—50 мм (тянутые) и 10—160 мм (прессованные). Тянутые прутки выполняют из латуней марок Л63, ЛС59—1, ЛО62—1, ЛЖС58—1—1, ЛМц58—2, ЛЖМц59—1—1, а круглые — из ЛС63—3. Прессованные прутки — из латуней Л60, Л63, ЛО62—1, ЛС59—1, ЛМц58—2, ЛЖМц59—1—1, ЛАЖ60—1—1 и ЛЖС58—1—1.

Листы и полосы латунные (ГОСТ 931—78). Горячекатаные листы толщиной 5—21, 22 и 25 мм выпускают размерами 600×150 мм и 1000×2000 мм из латуней Л63, ЛО62—1 и ЛС59—1, ЛМц58—2. Холоднокатаные листы толщиной 0,4; 0,5—1,2; 1,3; 1,35; 1,4; 1,5; 1,6; 1,65; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,75; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 9,0; 10; 11 и 12 мм выпускаются размерами 600×1500; 800×2000 и 1000×2000 мм из латуней Л63, Л80, Л85, Л90 и ЛС59—1. Холоднокатаную полосу толщиной 0,4—10,0 мм и шириной от 40 до 560 мм выпускают из латуней, применяемых для холоднокатаных листов.

Проволоку латунную (ГОСТ 1066—80) общего назначения круглую — диаметром 0,1—12 мм по сортаменту (ГОСТ 2771—57), квадратную и шестигранную размером 3—12 мм изготавливают из латуней Л80, Л68, Л63.

Проволоку из свинцовой латуни ЛС63—3 (ГОСТ 19703—79) для деталей приборов и часов выпускают диаметром 0,45—6,0 мм.

Трубы латунные тонкостенные (ГОСТ 11383—75) тянутые диаметром 1,5—2,8 мм с толщиной стенки 0,15—0,5 мм изготавливают из латуни Л63.

Сортамент изделий из бронзы приведен в табл. 65.

65. Сортамент изделий из бронзы

Изделие	Марка бронзы	Размер, мм		ГОСТ
		мини-малый	макси-мальный	
Оловянные деформируемые бронзы				
Полоса, лента	БрОФ6,5—15 БрОЦ4—3	1×40 0,1×10	10×300 2×300	1761—79
Полоса, лента	БрОЦС4—4,25	1,58×50 0,5×100	3×200 2×200	—
Прутки круглые	БрОФ6,5—0,15 БрОФ7—0,2	6*1 40*2	40*1 110*2	16025—78
Прутки круглые, квадратные и шести-гранные	БрОЦ4—3	5*1 42*2	40*2 120*2	6511—60
Проволока круг-лая, квадратная	БрОЦ1—3	0,1	12,0	
Безоловянные бронзы				
Полоса, лента	БрБ2, БрБНТ1,9 БрБНТ1,7	0,15×40 0,02×10	6×300 1,5×300	1789—70
Полоса, лента	БрАМц9—2	5×50 1×10	22×300 4,5×300	1595—71
Прутки круглые: тянутые, прессованные, катаные	БрАМц9—2 БрАЖ9—4 БрАЖМц10—3,15	5 16 30	40 100 100	
Прутки квадратные и шестигранные	БрАЖН10—4—4 БрКМц3—1 БрКН1—3	5	36	1628—78
Прутки круглые, квадратные, шести-гранные, тянутые, круглые прессован-ные	БрБ2	5 42	40 100	15835—70
Проволока круг-лая, квадратная	БрКМц3—1	0,1 0,6	10 3,5	5222—72
Проволока из бе-риллиевой бронзы	БрБ2	0,06	12,0	15834—77

*1 Тянутые.

*2 Прессованные.

*1 Тянутые.

*2 Прессованные.

Плиты из магниевых сплавов (ГОСТ 21990—76) горячекатанные толщиной 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 27, 30, 32, 35, 40, 45 и 50 мм, шириной 500, 600, 700, 800, 900 и 1000 мм, длиной 1000—3000 мм изготавливают из сплава МА2—1; МА2—1 пч и МА8.

ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ

Пластические массы (табл. 66, 67) получают на основе высокомолекулярных соединений — полимеров. Их разделяют на два класса — термопласты и реактопласты. Термопласты (термопластичные пластмассы) при нагреве расплавляются, а при охлаждении возвращаются в исходное состояние. Реактопласты (термореактивные пластмассы) отличаются более высокими рабочими температурами, но при нагреве разрушаются и при последующем охлаждении не восстанавливают своих исходных свойств. Основные механические характеристики пластмасс те же, что и для металлов.

Твердость пластмасс определяется по Бринеллю при нагрузках 50—250 кгс на шарик диаметром 5 мм. Теплостойкость по Мартенсу — температура, при которой пластмассовый брусок с размерами $120 \times 15 \times 10$ мм, изгибаемый при постоянном моменте, создающем наибольшее напряжение изгиба на гранях 120×15 мм, равное 50 кгс/см^2 , разрушится или изогнется так, что укрепленный на конце образца рычаг длиной 240 мм переместится на 6 мм.

Теплостойкость по Вика — температура, при которой цилиндрический стержень диаметром 1,13 мм под действием груза массой 5 кг (для мягких пластмасс 1 кг) углубится в пластмассу на 1 мм.

Температура хрупкости t_c (морозостойкость) — температура, при которой пластичный или эластичный материал при ударе может разрушиться хрупко.

66. Основные свойства и назначение пластмасс

Пластмасса	Особенность применения	Методы переработки
Термопласты		
Полиэтилен высокого давления (ПЭВД) (ГОСТ 16337—77) и низкого давления (ПЭНД) (ГОСТ 16338—77)	Нейтральный материал с низким водопоглощением, невысокой прочностью (особенно у ПЭВД); эластичен, стоек к растрескиванию и химическим средам (кроме бензина, бензола, хлороформа), обладает высокими диэлектрическими свойствами, не токсичен. Применяют для ненагруженных деталей, емкостей, труб	Литье под давлением, центробежное литье, экструзия, штамповка, резание, прессование, сварка, расплавление воздухом

Продолжение табл. 66

Пластмасса	Особенность применения	Методы переработки
Полипропилен термостабилизированный (ТУ6-05-1105—73)	Более жесткий, прочный и теплостойкий, чем полиэтилен, но морозостойкость очень низкая. Химически стоек. Старее интенси́внее, чем ПЭНД. Применение — трубы, фитинги, емкости, вентиляторы, пленки, волокна	То же, что и у полиэтилена, но сварка в инертном газе
Поливинилхлорид суспензионный (ГОСТ 14332—78)	Обладает высокой химической стойкостью (винилпласт), подвержен термодеструкции при $T = 140^\circ\text{C}$. Применение: винилпласт — для футеровки в химических процессах, труб, вентиляторов и др.; пластикат НВЖ — пленки, линолеум, изоляторы, гибкие трубки; гидропласт — заполнение полостей оснастки для металлообработки	Винилпласт — экструзия, ударное прессование, сварка горячим воздухом, резание. Пластикат — экструзия, калаандрование
Полистирол блочный и эмульсионный (ГОСТ 20282—74)	Высокая жесткость, хорошие физические свойства. Химически стоек, хрупкий. Может быть суспензирован — пенополистирол. Применяют для корпусных деталей, приборов, изоляторов, деталей отделки; пенополистирол — для звуко- и теплоизоляции	Литье под давлением, экструзия, штамповка, прессование, резание, склеивание
Полистирол ударопрочный А, Б (ГОСТ 19784—74)	Более высокая ударная вязкость, чем у полистирола. Применение — различные детали	То же
Сополимеры стирола МС, МСН-Л (ГОСТ 12271—76)	Более высокая механическая прочность и эластичность, чем у полистирола. Применение — различные детали	
Фторопласты: 4 (ГОСТ 10007—72) 4М (ГОСТ 14906—77) 3 (ГОСТ 13744—76)	Не поглощают воду. Химически стойки ко всем щелочам и кислотам. Низкий коэффициент трения, высокие теплостойкость и диэлектрические свойства (у фторопласта-3 диэлектрические свойства ниже). Низкие механические свойства, отличается хладнотекучестью. При температуре выше 320°C разлагается. Применяется для подшипников скольжения, прокладок, уплотнителей, деталей химического машиностроения	Механическая обработка, склейка после специальной подготовки поверхности
Полиметакрилатный порошок П-1 (ТУ-05-1344—71)	Светопрозрачен, бензо- и маслостоек, хрупок. Применяют для деталей сложной формы, радиодеталей и деталей, соприкасающихся с бензином и маслом	Литье под давлением, экструзия, прессование

Продолжение табл. 66

Пластмасса	Особенность применения	Методы переработки
Стекло органическое конструкционное СОЛ; СТ-1, 2-55 (ГОСТ 15809—70)	Хорошая светопрозрачность, при вытяжке в высокоэластичном состоянии обеспечиваются высокая пластичность, способность выдерживать большие деформации без разрушения. Применяют для остекления машин и приборов, изготовления кожухов, корпусов	Свободное литье с последующей вытяжкой, сварка, склейка, вакуумное и пневматическое формование
Капрон первичный (ТУ 6-06-309—70)	Более высокие механические свойства, чем у других термопластов, хорошие антифрикционные свойства. Большое водопоглощение. Химическая стойкость низкая. Применяется для подшипников скольжения, зубчатых колес, антифрикционных и декоративных покрытий	Литье под давлением, экструзия, центробежное литье, механическая обработка, сварка, склейка
Полиамиды	Более высокие механические свойства, чем у капрона; меньшее водопоглощение, чем у капрона; наиболее жесткий среди капрона и полиамидов капролон 13. Применение аналогично капрону	То же
Сополимеры АК80/20, АК85/15 и др. (ГОСТ 19459—74) Полиформальдегид	Применяют для вкладышей подшипников, шестерен, втулок и других деталей Один из наиболее жестких полимеров; высокая теплостойкость и морозостойкость, высокие антифрикционные и диэлектрические свойства. Химически стоек. Применение — детали втулок и вкладышей подшипников, тела качения, шестерни, корпуса электроприборов	Литье под давлением, экструзия, механическая обработка
Полнкарбонат (дифлон) (ТУ 6-05-1668—74)	Высокая теплостойкость и морозостойкость. Низкое водопоглощение, прозрачен, высокие электрические свойства. Применяют для корпусных деталей в электромашиностроении, труб, венчиков	То же, прессование
Стеклонаполненные полиамиды: КПС-30, П68С-30 (ГОСТ 17648—72)	Прочность выше, чем у капрона, в 2—3 раза, гораздо менее пластичен. Низкий коэффициент трения, стабильность усадки. Применяют для корпусных деталей в автомобиле и приборостроении, причем полиамид П68С-30 для более ответственных деталей	Литье под давлением, механическая обработка

Продолжение табл. 66

Пластмасса	Особенность применения	Методы переработки
Полиакрилат Д-3	Высокая термическая и жаростойкость. Применение — антифрикционные различные детали	Литье под давлением, экструзия, литьевое прессование
Пентапласт А	Высокая химическая стойкость. Применение — детали коррозионностойкой аппаратуры	Литье под давлением. Прессование, экструзия
Полиуретан ПУ-1	Стоек к воздействию разбавленных кислот, щелочей, масел, углеводов, органических кислот. Применение — детали, работающие при температурах от -60 до $+100^{\circ}\text{C}$	Прямое литьевое прессование
Реактопласты		
Стекловолоконный материал СВМ-ЭР	Состоит из стеклянных нитей и эпоксидной или фенолформальдегидной смолы. Высокие механические и электроизоляционные свойства. Применяют для конструктивных деталей	Прессование
Стекловолоконный АГ-4 (ГОСТ 20437-75)	Состоит из стеклянных нитей (у АГ-4С крученых) и фенолформальдегидной смолы; АГ-4С прочнее, чем АГ-4В. Применяется для конструктивных деталей	»
Прессматериал: П-50С; П-75С	Состоит из стеклоленты и модифицированной фенолформальдегидной смолы. Высокие механическая прочность и термостойкость. Применяют для конструктивных деталей повышенной прочности	Прямое прессование
П-5-2	Состоит из стекловолокна и модифицированной кремнийорганической смолы. Повышенные механические свойства. Применяется для конструктивных деталей, работающих при повышенных температурах	То же
ПН-67	Получают на основе полиамидной смолы. Стоек к окислению. Применяют для конструктивных деталей и подшипников скольжения, работающих при температурах $-180 \div +125^{\circ}\text{C}$	Прессование
П-2-1; П-2-5; П-2-3	Состоит из модифицированной эпоксидной смолы и нетканой ленты. Применяют для конструктивных деталей	»
179	Состав и назначение аналогичны волокну К-138-А	»

Продолжение табл. 66

Пластмасса	Особенность применения	Методы переработки
Волокнит К-138-А	Состоит из кремнийорганической смолы, минерального наполнителя и других добавок. Высокая теплостойкость. Применяют для конструкционных и электроизоляционных деталей, работающих при температурах до 300—400 °С	Прессование
Стекловолокнит ДСВ-2-Р-2м (ГОСТ 17478—72)	Состоит из пропитанных и разрубленных стеклянных нитей. Применяют для сложных конструкционных деталей с тонкими стенками	»
Пресс-порошок РСТ	Состоит из стеклянного волокна и фенолформальдегидной смолы. Применяют для конструкционных электротехнических деталей	»
Стеклотекстолит конструкционный КАСТ (ГОСТ 10292—74*)	Состоит из стеклотканей, пропитанных смолами. Высокая механическая прочность, теплостойкость, низкое водопоглощение. Применяют для перегородок летательных аппаратов, конструкционных электротехнических деталей	Механическая обработка листов
Намоточные стеклопластики на основе: стекложгуты ЖС-1, полиэфирной смолы ПН-1; эпоксидных смол ЭД-8 и ЭД-10	Высокая удельная механическая прочность, химическая стойкость, малая плотность. Применяют для высоконапорных труб, оболочек, емкостей	Намотка
Стеклопластики контактного формования на основе эпоксидных смол ЭД-8; ЭД-10	Хорошая антикоррозионная стойкость, высокая прочность, малая плотность. Применяют для силовых крупногабаритных деталей несерийного производства	Контактное формование
Текстолит конструкционный ПТ, ПТК (ГОСТ 5—78)	Состоит из хлопчатобумажной ткани и фенолформальдегидной смолы. Высокие антифрикционные свойства, прочность при сжатии, изоляционные свойства. Применяют для подшипников скольжения, шестерен, электротехнических деталей	Механическая обработка листов
Текстолит графитированный	Фрикционный материал. Применяют для деталей, работающих на трение	То же
Асботекстолит	Состоит из асбестовой ткани, пропитанной фенолформальдегидной смолой. Хорошие фрикционные свойства, высокая теплостойкость. Применяют для тормозных устройств, фрикционных дисков, гидравлических передач	»

Продолжение табл. 66

Пластмасса	Особенность применения	Методы переработки
Гетинакс (ГОСТ 2718—74)	Обладает хорошими электроизоляционными свойствами. Применяют для электротехнических деталей	Механическая обработка листов
Массы прессовочные фенольные (ГОСТ 5689—79)	Состоят из фенолформальдегидных смол, различных наполнителей, отвердителей, красителей и смазывающих веществ	Прессование
01-040-02, СП1-342-02	Применяют для ненагруженных деталей общего назначения	■
Э2-330-02	Применяют для электроизоляционных деталей	■
ВХ1-090-34	Для деталей с повышенной водо- и кислотостойкостью	■
У2-301-07	Для направляющих втулок, шестерен, кулачков и других деталей, работающих на удар	■
Ж1-01-040	Для электротехнических деталей, работающих при повышенной температуре	■
Ретинакс (ГОСТ 10851—73)	Фрикционный материал с добавками асбеста, барита, смазочных веществ. Применяют для тормозных деталей	■
Ангемит	Антифрикционный материал на основе фенолформальдегидной смолы и графитированных продуктов. Применяют для поршневых колец, сальников, насосов, фильтров	■
Древесно-смолистые пластики ДСП-А, ДСП-Б, ДСП-В, ДСП-Г	Композиционный материал на основе древесного шпона и фенолформальдегидной смолы. Химически стоек, высокие прочностные и антифрикционные свойства. Применяют для электроизоляционных деталей, подшипников скольжения, зубчатых колес, шкивов, обшивок и др.	Механическая обработка листов
Аминопласт, пресс-порошок А и Б (ГОСТ 9359—73)	Светостоек, нетоксичен, хорошо окрашивается, обладает электроизоляционными свойствами. Недостатки — растрескивание, водопоглощение. Применяют для электроаппаратуры, сигнальных кнопок, сухих выключателей и др.	Прессование

67. Механические и физические свойства пластмасс

Пластмасса	σ_D	E	$\delta, \%$	α_H^* кгс·см/см ²	HV	γ , г/см ³	$T_{пл}$	Тепло- стойкость по Мар- тенсу	Коэффи- циент ли- нейного расшире- ния, 1/°C	Морозо- стойкость (темпера- тура хрупко- сти), °C
	кгс/см ²							°C		
Термопласты										
Полиэтилен: высокого давления (ПЭВД)	90—140	1500—2500*1	500—600	Не лома- ется	1,4—2,5	0,92—0,93	105—108	—	$(2,2 \div 5,5) \times 10^{-4}$	Не выше —40 ÷ —70
низкого давления (ПЭНД)	220—320	5500—8000*1	400—800	То же	4,5—6,3	0,95	120—125	—	$4 \cdot 10^{-4}$	Не выше —60
Полипро- пилен	250—400	6700—11 900*1	200—800	100—150	—	0,9—0,92	—	—	$1,1 \cdot 10^{-4}$	Не выше —15 ÷ —40
Поливинил- хлорид сус- пензионный	300—500	—	25—400	До 150	—	1,34—1,43	—	170—190	—	—15 ÷ —40
Винипласт листовой	400—600	40 000	10—50	150	15—16	1,38—1,43	—	70—90	$(6-10) 10^{-5}$	—10 ÷ —50
Полистирол: блочный и эмульсионный	350—400	26000—27000*1	1,5	20—22	14—15	$1,05-1,08^{*2}$	—	100—108	$8 \cdot 10^{-5}$	—
ударопроч- ный А, Б	175—250	—	12—25	30—40	15	1,05—1,07	—	75—80	$8 \cdot 10^{-5}$	—
Сополимеры стирола НС	400	19 000—23 500*1	750	20	8,5—15	1,14	—	75	$(7-8) 10^{-5}$	—
МСН, МСН-Л	500	—	700—750	22—23	16—18	1,12	—	75	$(6-8) 10^{-5}$	—40 ÷ —50

Пластмасса	σ_p	E	$\delta, \%$	a_H , кгс·см/см ²	HV	γ , г/см ³	$T_{пл}$	Тепло- стойкость по Мар- тенсу	Коэффи- циент ль- нейного расшире- ния, 1/°C	Морозо- стойкость (темпера- тура хрупко- сти), °C
	кгс/см ²						°C			
Фторопласты	120—420	4700—11 500	20—500	20—160 фторо- пласт ЗМ не лома- ется	3—4 8—13	2,02—2,35	327 208—209	65—70	—	—195—-269
Полиметак- рилатный порошок П-1	420	21 000	1—15	15	13	1,2	—	50—74	$(8-12) \times 10^{-5}$	—40
Этрол аце- тилцеллю- лозный 2ДТ-43; 2ДТ-55; Д-30	500—580	22 500	7—8	20—35	4,0—8,0	1,32—1,4	150—170	40—50	$(1-1,2) \times 10^{-4}$	—
Полиуретан ПУ-1	500—600	50—150	50—60	10—20	0,1	1,21	—	60	$(13-13,5) \times 10^{-5}$	—50
Капрон: первичный А, Б, В	550—700	8000—10 000	100—150	100—130	10—12	1,13—1,15	210—218	50—55	$(12-14) \times 10^{-5}$	—20
вторичный 610 (ГОСТ 10589—73)	350 500—600	— $(1,5-1,7) \cdot 10^4$	— 100	21—30 100—120	4—5 10—15	1,1—1,2 1,09—1,11	— 213—220	180—200*2 55—60	— $11,7 \cdot 10^{-5}$	— —60
Модифици- рованный полистироль- ный пластик АВС	42S—509	—	24—38; 133 (АВС-3)	14,5—27	—	1,2	76—95	—	$(8-10) 10^{-5}$	—

Продолжение табл. 67

Пластмасса	σ_p	E	$\delta, \%$	a_n^* кгс·см/см ²	HV	$\gamma, \text{г/см}^3$	$T_{\text{пл}}$	Тепло- стойкость по Мар- генсу	Кoeffи- циент лн- нейного расшире- ния, 1, °C	Морозо- стойкость (темпера- тура хрупко- сти), °C
	кгс/см ²						°C			
Сополимеры АК80/20; АК85/15	630—400	—	150—200	110—130	13—17	1,13	218—224	50—60*2	—	—
Пентапласт А	400	12 600*1	40—80	28	9—11	1,4	180	160—170*2	—	—
Капролов В	900—950	20 600—23 100	20	100—160	20—25	1,16	—	75	$10 \cdot 10^{-5}$	—50
Аннд	700— 1000	—	50—100	20—30	—	1,14—1,16	—	65	$10 \cdot 10^{-6}$	—60
Поликарбо- нат (дифлон)	600—700	22 000—24 000	20—100	120—140	15—16	1,2	235—275	120—130	$6 \cdot 10^{-6}$	—100
Стекло орга- ническое *3										
СОЛ	775	30 600	23,2	25,5	21,1	1,2	150—160	—	$7,1 \cdot 10^{-6}$	—
	710	29 000	3,6	13,0	21,5					
СТ-1	830	30 900	20,0	33,3	23,7	1,19	180	—	$7,7 \cdot 10^{-6}$	—
	780	32 100	4,0	13,8	23,7					
2-55	1080	39 800	12,9	32	23,7	1,2	180—190	—	$6,9 \cdot 10^{-6}$	—
	925	41 000	2,8	14,8	29,9					
Т-2-35	1055	39 200	10,4	28,9	—	1,2	230	—	$7,56 \cdot 10^{-6}$	—
	1000	4800	3,3	15	27,4					
Полиакрилат Д-3	850—900	6000—7000	10	50—80	20—25	1,2	260—275	210*2	—	—100

Пластмасса	σ_p	E	$\delta, \%$	$a_H, \text{кгс} \cdot \text{см}/\text{см}^2$	HV	$\gamma, \text{г}/\text{см}^3$	$T_{\text{пл}}$	Тепло- стойкость по Мар- тенсу	Кoeffи- циент ли- нейного расшире- ния, 1/°C	Морозо- стойкость (темпера- тура хрупко- сти), °C
	кгс/см²						°C			
Стеклона- полненный полиамид:										
КПС-30	1300— 1600	71 000	2,5	20—30	20—21	1,3—1,32	—	195—208	$(10—12) \times 10^{-6}$	—
П68С	200— 1400	64 000	1—1,3	20	20—21	1,28—1,3	—	180—200		—50
Стеклона- полненный амид	1490	—	2,0	28—30	21,2	1,4	—	250—260	—	—
Реактопласты										
Массы прес- совочные фенольные:										
02-010-02; 03-010-02; 04-010-02; 65-010-02; 68-010-02; 09-200-07	350—375	70 000—80 000	0,6—0,8	5,0—6,0	25—30	1,4—1,45	—	125—140	$(1,5—5,3) \times 10^{-5}$	—30
СП1-342-02; СП2-342-02	280	2000	—	4,5 1,9	—	1,4	—	130	—	—

Пластмасса	σ_p	E	$\delta, \%$	σ_H^* кгс·см/см ²	HV	$\gamma, \text{г/см}^3$	$T_{пл}$	Тепло- стойкость по Мар- тенсу	Кэффи- циент ли- нейного расшире- ния, 1/°C	Морозо- стойкость (темпера- тура хрупко- сти), °C
	кгс/см ²						°C			
Э1-340-02; Э9-342-73; Э10-342-63; Э11-342-63; Э-2-330-02; Э3-340-65; Э3-340-61; Э6-014-30; Э8-361-63	240—550	2000—88 000	0,6—0,7	$\frac{3,5-5,5}{1,8-2,9}$	30—60	1,4—1,85	—	125—250	$(1,9-5,3) \times 10^{-5}$	—60
ВХ1-090-34; ВХ2-090-69; ВХ2-090-68; ВХ3-090-14; ВХ4-080-34	280 (ВХ2- -090-69)	56 000—184 000	—	4,5—8	27—40	1,5—1,75	—	115—125	—	—50
У1-301-07; У2-301-07 Ангемит:	300	Не менее 600	0,38	9	25	1,45	—	140	$(3-3,5) 10^{-5}$	—
АТМ-1	180—220	—	—	2,75—3,5	—	1,80—1,85	—	170	$0,85 \cdot 10^{-5}$	—
КФ-3; КФ-3М	270	—	—	10—34	30—41	1,7—1,95	—	—	$(0,94-2,5) \times 10^{-5}$	—
Волокнит К-138-А	—	—	—	20	19	1,8	—	360	—	—60
Пресс-поро- шок РСТ	—	—	—	—	—	—	—	110	—	—
Фаолит	120—385	—	—	2,0	20	1,5—1,6	—	100	$(2-3) 10^{-5}$	—
Пресс-мате- риал № 176	—	—	—	2,5	—	2,0	—	250	—	—

Пластмасса	σ_p	E	$\delta, \%$	$\alpha_n,$ кгс·см/см ²	HV	$\gamma,$ г/см ³	$T_{пл}$	Тепло- стойкость по Мар- тенсу	Кoeffи- циент ли- нейного расшире- ния, 1/°C	Морозо- стойкость (темпера- тура хрупко- сти), °C
	кгс/см ²						°C			
Стеклово- локнит АГ-4В	800	—	—	30	26—30	1,7—1,9	—	280	(1—1,5) 10 ⁻⁵	—30
ДСВ-2-Р-2М (Л; О; П), ДСВ-4-Р-2М (Л; О; П)	800 (Г)	—	—	35—80	—	1,7—1,85	—	280	—	—
Текстолит конструк- ционный (ГОСТ 5—78):										
ПТК	1000*1	100 000	1	35	25—35	1,3—1,4	—	125	(3,3—4,1) × × 10 ⁻⁵	—
ПТ	850	95 000	1	35	25—35	1,3—1,4	—	125	(3,3—4,1) × × 10 ⁻⁵	—
Б	—	—	—	20—25	30—45	1,3—1,4	—	120	(3,3—4,1) × × 10 ⁻⁵	—
Гетинакс листовой А; Б; В; Вс; Г; Д; Ав; Гв; Вв; Дв; Бв	800— 1000	—	1,0	15—20	25	1,3—1,4	—	—	—	—
Стекловоло- книстый ани- зотропный материал СВАМ-Р-2М; СВАМ-ЭН; СВАМ-ТФЭ-Р; СВАМ-ЭР	3500— 4500	—	—	180—500	—	1,8—2,0	—	200—300	2,0·10 ⁻⁵	—

Пластмасса	σ_p	E	$\delta, \%$	α_{H^+} кгс·см/см ²	HV	$\gamma,$ г/см ³	$T_{пл}$	Тепло- стойкость по Мар- тенсу	Кoeffи- циент ли- нейного расшире- ния, 1/°C	Морозо- стойкость (темпера- ту, а хрупко- сти), °C
	кгс/см ²						°C			
Пресс- материал: П-5 С; П-75С	2000— 2500	—	—	400—500	—	2.0	—	120	—	—
П-2-1; П-2-5	10 000— 11 000	—	—	600—700	—	2.0	—	—	—	—
Стекловоло- книт АГ-4С	5000	—	—	150	—	1,7—1,9	—	280	(7—10) 10 ⁻⁵	—60
Стеклотек- столит кон- струкцион- ный *4:										
КАСТ	3300*1	206 000	0,5—1,0	80	24—35	1,9	—	—	—	—
	2100	123 000		60						
КАСТ-В	3200*1	200 000	—	65	—	1,85	—	245—280	8,3·10 ⁻⁵	—
	2060	110 000		50						
КАСТ-Р	2800	—	—	70	—	—	—	—	—	—
	1700	—		60						
ВФТ-С	4600	217 000	—	105	—	1,85	—	240	7,9·10 ⁻⁵	—
	2490	—		85						
СКМ-1	1600	—	—	—	—	1,77	—	215	(0,5—1,0) × × 10 ⁻⁵	—
	—	—		—						
СК-ФР	3200	—	—	—	—	1,8	—	370	—	—
	1600	—		—						

Пластмасса	σ_p	E	$\delta, \%$	a_H^* кгс·см/см ²	HV	γ , г/см ³	$T_{пл}$	Тепло- стойкость по Мар- тенсу	Кoeffи- циент ли- нейного расшире- ния, 1/°C	Морозо- стойкость (темпера- тура хрупко- сти), °C
	кгс/см ²						°C			
Стеклотек- столит элек- тротехниче- ский:										
СТ	$\frac{-}{700}$	-	-	12—35	-	1,6—1,85	-	185	-	-
СТ-1	$\frac{-}{750}$	-	-	15—45	-	1,6—1,85	-	185	-	-
СТЭФ	$\frac{-}{1750}$	-	-	40—140	-	1,6—1,9	-	185	-	-
СТЭФ-1	$\frac{-}{2000}$	-	-	50—150	-	1,8—1,9	-	185	-	-
Асботексто- лит А; Б	650— 1190	140 000—200 000	-	25—35	28—45	1,7	-	250	$(2,5—2,8) \times 10^{-5}$	-
Древесносмо- льные пла- стики марок ДСП	1300— 3000	180 000—300 000	-	60—80	25	-	-	180	$(0,3—0,4) \times 10^{-5}$	-

*¹ Модуль упругости при изгибе.*² Теплостойкость по ВИКА.*³ В числителе данные для ориентированного стекла, в знаменателе — для неориентированного.*⁴ В числителе данные по основе, в знаменателе по утку.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Композиционные материалы — материалы, образованные объемным сочетанием химически разнородных компонентов с четкой границей раздела между ними. В композиционных материалах сочетаются лучшие свойства различных составляющих фаз — прочность, пластичность, износостойкость и т. п. (табл. 68).

Детали из композиционных материалов изготавливают прессованием, экструзией, прокаткой, вибрационными уплотнениями и т. д. с последующим спеканием в защитной среде.

68. Свойства конструкционных композиционных материалов

Материал	Плотность, г/см ³	σ_b	E
		кгс/мм ²	
Волокно бора на алюминиевой связке	2,6	100—120	24 000
Углеродное волокно на алюминиевой связке	2,35	75	15 000
Волокно бора на магниевой связке	2,0	100	22 000
Волокно карбида кремния на титановой связке	4,0	90	21 000
Вольфрам на никелевой связке	12,5	80	465 000
Волокно молибдена на никелевой связке	9,3	70	23 500
Дисперсионные частицы двуокиси гафния на никелевой связке	9,0	50—55	14 000

КЕРАМИКА И СИТАЛЛЫ

Керамика — поликристаллические материалы, получаемые спеканием природных глин и их смесей с минеральными добавками, а также окислов металлов и других тугоплавких соединений. **Ситаллы** — неорганические материалы, получаемые путем направленной кристаллизации стекла. Эти материалы благодаря высоким диэлектрическим свойствам, стойкости в химически активных средах, высоким механическим свойствам нашли широкое применение в электронной, радиотехнической и электротехнической промышленности, в химической промышленности для футеровки емкостей, в металлообработке для изготовления металлорежущего инструмента, деталей, работающих на истирание с одновременным нагревом — фильеры для протяжки проволоки, сопла пескоструйных аппаратов и др.

Окисная керамика, состоящая из чистых окислов Al_2O_3 ; MgO ; ZrO_2 , сохраняет высокие механические свойства до высоких температур и обладает высокими диэлектрическими свойствами (табл. 69).

69. Основные характеристики окисной керамики

Характеристика	Керамика из окислов		
	алюминия Al_2O_3	циркония ZrO_2	магния MgO
Система кристаллов	Гексагональная	Кубическая (стабилизированная)	Кубическая
Плотность, г/см ³	3,99	5,60	3,60
Твердость по минералогической шкале	9	7	5—6
Температура плавления, °C	2050	2700	2800
Средняя удельная теплоемкость кал/(г·°C)	0,260	0,14	0,233 (20 °C)
Коэффициент теплопроводности (при условии нулевой пористости), кал/(см·с·°C)	(20—1000 °C) 0,0723 (100 °C)	(20—1000 °C) 4,66·10 ⁻³ (600 °C)	0,276 (900 °C) 0,0823 (100 °C)
	0,0218 (600 °C)	5,01·10 ⁻³ (600 °C)	0,0263 (600 °C)
	0,0131 (1400 °C)	5,83·10 ⁻³ (1400 °C)	0,0138 (1400 °C)
Коэффициент термического расширения, 1/°C, × 10 ⁶	8,4	7,7	13,5
Предел прочности, кгс/мм ² ; при сжатии	(20—1000 °C)	(70—1000 °C)	(20—1000 °C)
	300 (20 °C)	210 (20 °C)	140 (20 °C)
	150 (400 °C)	120 (1000 °C)	150 (400 °C)
	90 (1000 °C)	80 (1200 °C)	115 (1000 °C)
	10 (1500 °C)	13 (1400 °C)	—
	5 (1600 °C)	2 (1500 °C)	—
при растяжении	26 (10 °C)	14,85 (20 °C)	9,85 (25 °C)
	24 (800 °C)	11,25 (885 °C)	10,7 (400 °C)
	13 (1200 °C)	9,30 (1030 °C)	11,25 (600 °C)
	3 (1400 °C)	8,42 (1200 °C)	10 (800 °C)
	1,1 (1460 °C)	1,3 (1540 °C)	4,22 (1300 °C)
при изгибе	15,2 (20 °C)	23,3 (20 °C)	11,0 (20 °C)
	9,5 (1000 °C)	16 (1000 °C)	10,0 (1000 °C)
	7,6 (1200 °C)	12,2 (1200 °C)	8,7 (1200 °C)
	6,1 (1350 °C)	9,5 (1350 °C)	7,5 (1350 °C)
	1,7 (1600 °C)	5,4 (1600 °C)	4,0 (1600 °C)
Микротвердость	2000—3000	700—900	—
Модуль упругости $E \cdot 10^{-6}$, кгс/см ²	3,82 (20 °C)	1,72 (20 °C)	2,14 (25 °C)
	3,7 (400 °C)	1,30 (465 °C)	2,10 (400 °C)
	3,45 (800 °C)	1,16 (850 °C)	1,93 (800 °C)
	2,75 (1200 °C)	1,07 (1225 °C)	1,47 (1000 °C)
	1,5 (1500 °C)	0,96 (1360 °C)	0,7 (1200 °C)
Термическая стойкость	Хорошая	Удовлетворительная	Удовлетворительная

Механическую обработку керамики и ситаллов производят шлифованием инструментом из синтетических и природных алмазов, а также полированием алмазными порошками и пастами. Таким образом, на изделиях из этих материалов получают параметры шероховатости $Ra = 0,008 \div 0,01$ мкм по ГОСТ 2789—73. Ситаллы классифицируют по применению и содержанию основной кристаллической фазы. В металлообработке наиболее широко применяют износостойкие и химически стойкие ситаллы (табл. 70).

Детали из керамики и ситаллов соединяют друг с другом и с другими материалами с помощью стеклокристаллического цемента с последующей термической обработкой при 400—600 °C, клеев и замазок на основе эпоксидной смолы и жидкого стекла, металлизации и последующей пайкой.

70. Основные характеристики ситаллов некоторых классов

Характеристика	Класс ситаллов	
	Магнезиальные	Пироксеновые
Плотность кажущаяся, г/см ³	2,5—2,85	2,8—2,95
Водопоглощение, %	0,2	0
Удельная теплоемкость, ккал/(кг·°С)	0,17—0,22	—
Коэффициент теплопроводности, ккал/(м·ч·°С)	0,8—1,8	—
Коэффициент температуропроводности, м ² /ч	(1,5—3,4)·10 ⁻³	—
Термостойкость, °С	До 1000	200
Жаропрочность под нагрузкой, °С	800—1200	1150
Предел прочности при изгибе, кгс/мм ²	14—18	40
Ударная вязкость, кгс·см/мм ²	45—105	95
Модуль упругости, кгс/мм ²	9,9—13,2	14
Коэффициент Пуассона	0,25—0,34	—
Микротвердость	700—970	970—1050

Фарфор — изоляционный материал, основные свойства которого приведены в табл. 71.

71. Основные свойства фарфора

Характеристика	Фарфор		
	Нормальный высоковольтный	Кварц полевошпатный	Глиноземистый
Водопоглощение, %	0	0	0
Предел прочности фарфора при растяжении, кгс/мм ² :			
неглазурованного	3,4	4,4	5,9
глазурованного	3,5—5,7	6,5	7,8
Предел прочности при статическом изгибе, кгс/мм ² :			
неглазурованного	6—9	9	12,4
глазурованного	7—10	11	15,5
Предел прочности при динамическом изгибе неглазурованного фарфора, кгс/мм ²	0,017—0,020	0,020	0,032
Удельное электрическое сопротивление при 20°С, Ом см	10 ¹² —10 ¹³	5·10 ¹³	6,7·10 ¹³

К химически стойкой керамике относится керамика глиношамотная с грубозернистой и стойкозернистой структурой, а также фарфор (табл. 72).

72. Свойства химически стойкой керамики

Характеристика	Керамика		
	Глиношамотная с грубо-зернистой структурой	Глиношамотная с тонко-зернистой структурой	Фарфор
Водопоглощение, %	2—10	0,2—3	0—0,2
Предел прочности, кгс/мм ² :			
при сжатии	3—9	8—15	40—50
при растяжении	0,6—1	2,5	3,0—6,0
при изгибе	1—2	2,5—7	5,0—12,0
Кислотостойкость, %	95—98	97—99,5	94,5—99,7
Количество теплосмен при нагреве до 350 °С и охлаждении до 20 °С в воде	До 20	До 30	Св. 15
Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$, 1/°С	2,5—5,5	2,5—6,0	4,0—6,0
Коэффициент теплопроводности, ккал/(м·ч·°С)	0,7—1	1,2—2,4	1,4—1,6

ПОКРЫТИЯ

Покрyтия наносят на изделия из различных материалов для защиты изделий от коррозии, придания им декоративного вида, создания специальных поверхностных свойств (электропроводности, теплопроводности, электроизоляционных, магнитных и немагнитных свойств, светоотражающей или светопоглощающей способности, износостойкости и др.). Покрyтия могут быть металлическими и нематаллическими неорганическими (оксидные, фосфатные, фторидные и др.), пластмассовыми, резиновыми, лакокрасочными.

При выборе покрyтий необходимо учитывать их назначение, условия эксплуатации, материал детали, свойства и характеристики покрyтий, способ нанесения покрyтий, допустимость и недопустимость контактов сопрягаемых материалов.

Условия эксплуатации металлических и неметаллических органических покрyтий делят на группы: легкие Л; средние С; жесткие Ж; очень жесткие ОЖ. Характеристики условий приведены в ГОСТ 14007—68. Эти покрyтия классифицируют по способу получения, материалу, физико-механическим и декоративным свойствам (табл. 73—76).

73. Обозначение способов нанесения покрытий

Способ получения покрытий	Обозначение
Катодное восстановление	—
Химический	Хим
Анодное окисление	Ан
Горячий	Гор
Диффузионный	Диф
Металлизационный	Мет
Конденсационный	Кон
Контактный	Конт
Вжигание	Вж
Катодное распыление	Кат-рас

74. Обозначение металлических покрытий

Материал покрытия	Обозначение *	Материал покрытий	Обозначение *
Железо	Ж	Никель — кобальт — фосфор	Н-Ко-Ф
Золото	Зл	Олово	О
Золото — серебро	Зл-Ср	Олово — висмут	О-Вн
Золото — сурьма	Зл-Ср	Олово — кобальт	О-Ко
Индий	Ин	Олово — свинец	О-С
Кадмий	Кд	Олово — цинк	О-Ц
Кобальт	Ко	Олово — никель	О-Н
Медь	М	Серебро	Ср
Медь — олово	М-О	Серебро — сурьма	Ср-Су
Медь — олово — цинк	М-О-Ц	Серебро — палладий	Ср-Пд
Медь — цинк	М-Ц	Хром	Х
Никель	Н	Цинк	Ц
Платина	Пл	Цинк — никель	Ц-Н
Палладий	Пд	Окислы	Окс
Родий	Рд	Фосфаты	Фос
Рутений	Ру	Алюминий	А
Свинец	С	Золото — платина	Зл-Пл
Титан	Ти	Алюминий — цинк	А-Ц
Никель — вольфрам	Н-В	Рений	Ре

* В обозначение покрытий, состоящих из сплава, включается максимальное процентное содержание первого или второго компонента сплава (в случае трехкомпонентного сплава). Например, медно-оловянно-свинцовое покрытие с массовой долей меди 70—78 %; олова 10—18 % и свинца 4—20 % обозначают М-О-С (78; 18).

75. Обозначение признаков, характеризующих физико-механические свойства покрытий

Признак покрытия	Обозначение
Микропористое	пор
Твердое	тв
«Молочное»	мол
Электронизоляционное	из

76. Обозначение видов дополнительной обработки покрытий

Вид дополнительной обработки покрытия	Обозначение
Фосфатирование	фос
Хроматирование	хр
Оксидирование	окс
Оплавление	опл
Пропитка	прп
Гидрофобизирование	гфж
Пропитка маслом	прм
Наполение в воде	ив
Наполение в растворе красителя	по ГОСТ 21484—76
Нанесение лакокрасочного покрытия	лкп

Защитные свойства покрытий зависят от возможности взаимодействия материалов покрытия и детали (табл. 77). Основные свойства металлических и неметаллических неорганических покрытий и их назначение приведены в табл. 78 и 79. Технология нанесения покрытий и методы контроля качества приведены в ГОСТ 16976—71. Свойства покрытий из пластмасс и резины приведены в табл. 80.

77. Особенности контакта между металлами и неоргани

Соединяемые металлы и покрытия	Зо- лото, пла- тина, пал- ладий, родий	Се- ребро	Хро- мо- нике- левые стали	Хром	Медь и ее спла- вы	Ни- кель
	Условия					
	л, е, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож
Олово и его сплавы	с011	с011	с000	0000	с000	с000
Свинец и его сплавы	0222	0222	0011	с011	с011	с011
Титан и его сплавы	с000	с000	0000	с000	с000	с000
Хромистые стали	с000	с000	0000	0000	с011	с000
Стали углеродистые низко- легированные	1222	1222	0222	0222	0222	с222
Кадмий и кадмиевые по- крытия хроматированные	2222	2222	0222	0222	1222	с222
Алюминий и его сплавы оксидированные	2222	2222	0222	с011	1222	0222
Цинк и цинковые покры- тия хроматированные	2222	2222	1222	0222	2222	0222
Цинк и цинковые покры- тия фосфатированные	2222	2222	1222	0122	с011	с011
Магний и его сплавы ок- сидированные	2222	2222	2222	2222	2222	2222

*1 Условия эксплуатации: л — легкие; с — средние; ж — жесткие; ож —

Обозначения: 0 — при соприкосновении коррозии не происходит; соприкосновении возникает сильная коррозия.

чекскими пок^ртиями в различных условиях эксплуата^тии

Олово и его спла- вы	Сви- нец и его спла- вы	Титан и его спла- вы	Стали		Кад- мий	Алю- миний и его спла- вы окси- диро- ван- ные	Цинк и цинковые пок ^р тия		Маг- ний и его спла- вы окси- диро- ван- ные
			хро- ми- стые	угле- роди- стые			хро- мати- рован- ные	фос- фати- рован- ные	

эксплуата^тии *1

л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож	л, с, ж, ож
0000	0000	0000	0000	0222	0011	0011	0011	0000	2222
0000	0000	0000	0011	0222	0011	0111	0011	0000	2222
0000	0000	0000	0000	0222	1122	1122	1122	0011	2222
0000	0000	0000	0000	0222	0222	0111	0222	0222	2222
0222	0222	0222	0222	0000	0222	0222	1222	0022	2222
0011	0011	1122	0222	0222	0000	0000	0000	0000	2222
0011	0111	1122	0111	0222	0000	0000	0000	0000	2222
0011	0011	1122	0222	1222	0000	0000	0000	0000	2222
0000	0000	0011	0222	0022	0000	0000	0000	0000	2222
2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	2222	0000

очень жесткие.

1 — при соприкосновении возможна незначительная коррозия; 2 — при

78. Свойства и назначение металлических покрытий

Покрытие	Способ получения	Свойства покрытий	Назначение
Цинковое	Диф, Мет, Гор, катодное восстановление	<i>НВ</i> 40—50; интервал рабочих температур $-70 \div +250^\circ\text{C}$; обладают хорошим сцеплением с деталью; хорошо работают на изгиб; износостойкость низкая	Защита от коррозии стали, чугуна, меди и ее сплавов
Кадмисовое	Катодное восстановление	<i>НВ</i> 12—40; интервал рабочих температур $\pm 60^\circ\text{C}$; обладают высокой пластичностью, хорошо паяются, выдерживают изгиб, развальцовку, вытяжку, хорошо притираются, устойчивы в морской среде, щелочных растворах, неустойчивы в среде сернистых газов, масел, бензина	Защита от коррозии, в том числе в морских условиях; для обеспечения притирочных свойств деталям при сборке
Никелевое	Хим, катодное восстановление	<i>НВ</i> 150—600; легко полируются; коррозионностойкие при температурах до $+650^\circ\text{C}$	Защита от коррозии пружин, корпусов и других деталей; декоративная отделка; придание поверхностной твердости, получение светоотражающей или светопоглощающей (черный никель) поверхности. Придание магнитных свойств (Н—Ко)
Хромовое	Диф, катодное восстановление	<i>НВ</i> 750—110; химически стойкие за исключением среды соляной кислоты, галогеноводородных соединений; устойчивы в условиях тропического климата	Защита от коррозии, декоративная отделка, увеличение твердости деталей, работающих на трение; получение светопоглощающей (черной) или светоотражающей поверхности

Медное	Хим, Мет, Вж, катодное восстановление	<i>НВ</i> 60—150; электрическое сопротивление при температуре 18 °С равно $1,682 \times 10^{-6}$ Ом·см; обладают высокой прочностью сцепления, эластичностью, выдерживают глубокую вытяжку, развальцовку, хорошо паяются, полируются, быстро окисляются	Обеспечение способности к пайке, электропроводности, экранирование от магнитного потока
Оловянное и его сплавами	Хим, Гор, Мет, катодное восстановление	<i>НВ</i> 15—20; эластичны; устойчивы к сероводороду, органическим кислотам, воздействию тропического климата; выдерживают изгибы, вытяжку, развальцовку	Защита при азотировании, гуммировании, защита от коррозии, обеспечение способности к пайке (О—Вп); декоративная отделка (О—Н)
Серебряное и его сплавами	Хим, Вж, катодное восстановление	<i>НВ</i> 50—150; электрическое сопротивление при 18 °С равно $1,5 \cdot 10^{-6}$ Ом·см; отражательная способность свежего покрытия 90—95%; хорошо паяются; износостойкость понижена; у сплавов Ср—Су твердость <i>НВ</i> до 220; тускнеют и темнеют в атмосфере серы, хлора, аммиака	Улучшение электропроводности, износостойкости (Ср—Су, Ср—П); обеспечение отражательной способности
Золотом и его сплавами	Хим, катодное восстановление	<i>НВ</i> 40—100; электрическое сопротивление при 18 °С равно $2,213 \cdot 10^{-6}$ Ом·см; обладают высокой теплопроводностью, хорошо обеспечивают сварку. Сплавы Зл—ср; Зл—Н; Зл—К износостойки и обладают твердостью <i>НВ</i> до 200	Снижение переходного сопротивления контактов; повышение их износостойкости
Палладиевое	То же	<i>НВ</i> 200—350; электрическое сопротивление при 18 °С равно $10,8 \cdot 10^{-6}$ Ом·см; в контакте с пластмассами на покрытии образуются темные пленки, увеличивающие переходное сопротивление	Обеспечение электропроводности, снижение износостойкости контактов
Родиевое	»	<i>НВ</i> 400—800; отражательная способность 73—75%; покрытия стойки к кислотам, щелочам	Повышение электропроводности, износостойкости, отражательной способности

79. Свойства и назначение неорганических неметаллических покрытий

Покрытие	Материал деталей	Свойства	Назначение
Оксидное	Сталь; медь и ее сплавы, магниевые сплавы	Защитные свойства невысокие, повышаются при обработке покрытий маслами, лаками, гидрофобизирующими жидкостями	Межоперационное хранение; декоративная отделка и защита от коррозии (медь, магний и их сплавы)
Оксио-фторидное; окисно-фосфатное	Алюминий и его сплавы	Обладают эластичностью, хорошей адгезией с металлом; окисно-фосфатное покрытие неэлектропроводно, является хорошим грунтом под окраску	Декоративная отделка и защита от коррозии
Хроматно-фторидное	То же	Обладают токопроводящими свойствами, стабильностью переходного сопротивления, являются хорошим грунтом под окраску, механически прочны	Обеспечение стабильного переходного сопротивления
Фосфатное	Сталь	Обладают высоким электрическим сопротивлением, термостойкостью до +300 °С, не подвергаются пайке и сварке; защитные способности появляются после дополнительной обработки маслами, лаками	Защита от коррозии создание непроводящего поверхностного слоя, твердая смазка под нагрузку
Пассивное	Стали, медь и ее сплавы	Для повышения коррозионной стойкости применяют дополнительную пропитку маслами, лаками	Защита от коррозии
Оксидное анодизационное	Алюминий и его сплавы, магниевые сплавы, титан и его сплавы	Твердость покрытия на алюминии и его сплавах <i>НВ</i> 280 - 440; электроизоляционные покрытия имеют пробивное напряжение до 600 В; электрическая прочность возрастает при пропитке покрытия лаками; эмалевые пленки на алюминии и окисные на титане обладают износостойкими свойствами	Защита от коррозии, придание электроизоляционных свойств; получение светопоглощающей поверхности (медь), защита от задира при трении (титан), грунты под окраску

80. Пластмассовые и резиновые покрытия

Материал	Толщина покрытия, мм	Покрытия наносят на				Грунт под покрытие	Температура нагрева при			δ, %	Рабочая температура, °С		Покрытие стойко					Покрытие наносят на поверхности			
		М	Д	Б	Т		Н	П	СВ		От	До	к	щ	о	б	с	в	н	д	т
Полиэтилен ВД	0,1-1	+	+		+	—	—	240	—	200	-50	100	+	+	—	+	+	+	+	+	—
Полиэтилен НД	0,1-1	+	+	+		—	280	—	220	200	-50	100	+	+	—	+	+	+	+	+	—
Полиизобутилен	0,5-2	+	+		+	Клей 88-Н	—	20	—	200	-40	80	+	+	—	—	+	+	—	—	—
ПСГ																					
Полипропилен	0,1-1	+	+	+		—	250	—	—	200	-30	150	+	+	—	+	+	+	+	+	+
Винипласт	0,3-1	+		+		ХСГ	—	170	—	15	-50	70	+	+	+	+	+	+	—	—	—
Поливинилхлоридная паста	0,1-1	+	+		+	—	—	—	160	100	-30	70	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Фторопласт-4Д, 4ДП	0,05	+				—	—	—	370	75	-200	250	+	+	+	+	+	+	+	—	+
Фторопласт-3, 3М	0,15	+				—	—	—	330	75	-100	120	+	+	+	+	+	+	+	—	+
Масса на основе поливинил-бутираля																					
ПНФ-12, ТПФ-37	0,1-1	+				—	320	—	240	50	-40	120	+	+	—	+	—	—	+	+	+
Капрон; полиамид П-68; полиамид П-АК-7	0,1-1	+				—	200-300	—	220	30	-40	120	—	+	—	+	+	+	+	+	+
Эпоксидная смола с стекловолокном	0,5-2	+		+		—	20	—	—	10	-40	100	+	+	—	+	+	+	+	—	—
Сырая резина на каучуках:																					
СКБ, СКС	0,5-2	+			+	Клей лей-конат	—	—	150	200	-40	90	+	+	—	—	+	+	+	—	+
СКН-40	0,5-2	+			+	То же	—	—	150	200	-40	90	+	+	+	+	+	+	+	—	+
Жидкий найрит	0,5-2	+				—	20	—	—	200	-40	90	+	+	+	+	+	+	+	—	—

Условные обозначения: 1. Знаки «+» означают пригодность, знаки «+» неполную пригодность, знаки «—» непригодность покрытия для данных материалов и условий.

2. Покрытия наносят: М — на металл; Д — на дерево; Б — на бетон; Т — на ткань.

3. Температура нагрева: Н — при напылении; П — при плакировании; СВ — при спекании или вулканизации.

4. Покрытие стойко: к — в кислотах; щ — в щелочах; о — в окислителях, б — в бензине, с — в спирте.

5. Покрытие наносят на поверхности: в — внутренние; н — наружные; д — декоративные, т — трущиеся.

ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Лакокрасочные материалы — многокомпонентные составы, способные при нанесении тонким слоем на поверхность изделий высыхать с образованием тонкой пленки, удерживаемой силами адгезии. Применяют для получения защитных, декоративных и электроизоляционных покрытий на различных изделиях.

Обозначения лакокрасочных материалов в зависимости от наименования смол, эфиров, целлюлозы и масел, входящих в состав пленкообразующих веществ, приведены в табл. 81, а классификация покрытий по внешнему виду в табл. 82.

По составу и назначению лакокрасочные материалы подразделяют на лаки, грунтовки, шпатлевки, краски (в том числе эмали, табл. 83, 84).

Рекомендуемые сочетания грунтовок с эмалями (лаками) и материалами окрашиваемых поверхностей приведены в табл. 85.

81. Условные обозначения групп лакокрасочных материалов по назначению (ГОСТ 9825—73)

Группа	Обозначение	Группа	Обозначение
Атмосферостойкие	1	Маслобензостойкие	6
Ограниченно атмосферостойкие (под навесом и внутри помещений)	2	Химически стойкие	7
Водостойкие	4	Термостойкие	8
Специальные	5	Электроизоляционные	9
		Грунтовки	0
		Шпатлевки	00

82. Классификация лакокрасочных материалов по составу пленкообразователя (ГОСТ 9825—73)

Наименование смол, эфиров, целлюлозы, масел	Обозначение	Наименование смол, эфиров, целлюлозы, масел	Обозначение
Канифольные	КФ	Полиакриловые	АК
Битумные	БТ	Сополимерно-акриловые	АС
Глифталевые	ГФ	Нитроцеллюлозные	НЦ
Феольные	ФЛ	Этилцеллюлозные	ЭЦ
Полиэфирные ненасыщенные	ПЭ	Перхлорвиниловые	ХВ
Меламинные	МЛ	Сополимерно-винилхлоридные	ХС
Мочевинные	МЧ	Дивинилацетиленовые	ВН
Фенолалкидные	ФА	Поливинилацетальные	ВЛ
Эпоксидные	ЭП	Масляные	МА
Эпоксифирные	ЭФ	Кремнийорганические	КО
Алкидно- и масляно-стирольные	МС	Полиамидные	АД
Полнуретановые	УР	Пентафталевые	ПФ
		Фторопластовые	ФП

83. Свойства и назначение грунтовок и шпатлевок

Наименование, марка, ГОСТ, ТУ	Цвет*1	Режим сушки		Свойства и назначение
		Тем- пера- тура, °С	Дли- тель- ность	
Грунтовки				
Сополимеры винилхлорида: ХС-010, (ГОСТ 9355—60)	К-К	18—23 60	1 ч 0,5 ч	Наносят на черные метал- лы, медь и ее сплавы, под перхлорвиниловые и сополи- мерные эмали в комплексе химически стойких, атмосфе- ростойких, масло- и бензо- стойких покрытий. Подготов- ка поверхности — песко- струйная, дробеструйная об- работка, фосфатирование
ХС-059 (ГОСТ 23 491—79)	К-К	18—23	24 ч	Наносят на черные метал- лы, алюминий и его сплавы под сополимерные и перхлор- виниловые эмали в комплек- се химически стойких и атмос- феростойких покрытий
Глифталевая, ГФ-0119 (ГОСТ 23 343—78)	К-К	18—23 100—110	12 ч 35 мин	Наносят на черные метал- лы, медь и ее сплавы под различные эмали, обладают удовлетворительной проти- вокоррозионной стойкостью, маслостойкостью
Фенольно-формаль- дегидные ФЛ-03К, ФЛ-03Ж (ГОСТ 9109—76)	К-К	10—23 100—110 175	12 ч 35 мин 15 мин	Наносят под различные эмали; обладают повышен- ной противокоррозионной стойкостью; ФЛ-03К нано- сят на черные металлы, медь и ее сплавы, припой; ФЛ-03Ж наносят на коррозионностой- кие стали, алюминий
Масляные: КФ-030 (МРТУ-10-698—67)	Ж	18—23 70—80	40 ч 4 ч	Наносят на алюминий и его сплавы в комплексе ат- мосферостойких покрытий; КФ-030 под масляные, глифталевые пентафталеи- вые, меламиновые, мочеви- новые, феиольные, кремний- органические покрытия; ФЛ-086 под перхлорвинило- вые, нитроцеллюлозные, мас- ляные, глифталевые, пента- фталевые, меламиновые и мочевинные эмали
ФЛ-086 (ГОСТ 16 312—79)	Ж	18—23 80	5 ч 2 ч	
Алкидно-стироль- ная МС-015	К-К	18—23	2 ч	Наносят на черные метал- лы в комплексе с алкидно- стирольными эмалями для покрытий внутри помещений
Пентафталева ПФ-020 (ГОСТ 18 186—79)	К-К	100—110	25 мин	Наносят на черные метал- лы и дерево в комплексе ат- мосферостойких покрытий

Продолжение табл. 83

Наименование, марка, ГОСТ, ТУ	Цвет*1	Режим сушки		Свойства и назначение
		Тем- пера- тура, °С	Дли- тель- ность	
Акриловая АК-070 (МРТУ 6-10-894-69)	Ж	18—23	1 ч	Наносят на оксидирован- ные алюминиевые и магни- евые сплавы, на места паек припоями ПОС 40; ПОС 61 под сополимерные и перхлор- виниловые эмали
Поливинилбути- ральные ВЛ-02; ВЛ-08	Ж	18—23	15 мин	Наносят на цветные метал- лы под перхлорвиниловые, масляные, глифталевые, пен- тафталевые, а при окраске черных металлов под алкид- ноستيрильные и поливинил- бутиральные эмали в комп- лексе атмосферостойких и водостойких покрытий
Эпоксидная ЭП-09Т (ТУ 6-10-1155-71)	Ж, К	150	1 ч	Наносят на черные и цвет- ные металлы под эпоксид- ные, нитроэпоксидные эмали в комплексе атмосферостой- ких покрытий без воздей- ствия солнечной радиации
Меламиноформаль- дегидная ЭФ-083 (ГОСТ 20 468-80)	С	148—152	20 мин	Наносят на черные метал- лы под меламинную эмаль МЛ-729 в комплексе бензо- и маслостойких покрытий
Шпатлевки (ГОСТ 10277-76)				
Перхлорвиниловые ХВ-005	С	18—23 60	2,5 ч 1 ч	Наносят под сополимерные и перхлорвиниловые эмали. При применении других эма- лей шпатлевки необходимо перекрыть грунтовкой; ХВ-005 применяют для сплошного и местного шпат- левания; ХВ-004 — только для местного
ХВ-004	З	18—23	2 ч	
Пентафталевая ПФ 002	К-К	18—23 или 80	24 ч 3 ч затем 1 ч	Применяют для сплошного и местного шпатлевания под различные эмали (перед на- несением нитроцеллюлозных и перхлорвиниловых эмалей шпатлевку следует пере- крыть грунтом)
Масляная КФ-003	К, Защ	100	1 ч	Применяют для сплошного и жесткого шпатлевания под масляные и глифталевые и пентафталевые эмали для покрытий, стойких внутри помещения
Нитроцеллюлозная НЦ-007	К-К	18—23	1 ч	Применяют для исправле- ния незначительных дефек- тов под нитроцеллюлозные эмали
Алкидно-стирольная МС-006	Р	18—23	15 мин	Применяют для исправле- ния незначительных дефек- тов под меламинные, моче- винные, глифталевые, пен- тафталевые, алкидностироль- ные эмали

Продолжение табл. 83

Наименование, марка, ГОСТ, ТУ	Цвет*1	Режим сушки		Свойства и назначение
		Тем- пера- тура, °С	Дли- тель- ность	
Эпоксидные: ЭП-0010	К-К	18—23	24 ч	Применяют как самостоя- тельное химически стойкое покрытие и с перекрытием эпоксидными эмалями, для выправки дефектов глубиной до 2 мм, а с наполнителем до 5 мм
ЭП-0020	К	18—23	24 ч	Применяют для выправки углублений глубиной до 5 мм, в качестве грунтовок под эпоксидные эмали

*1 К — красный; К-К — красно-коричневый; Ж — желтый; С — серый;
З — зеленый; Р — розовый; Защ — защитный; Ч — черный

84. Свойства и назначение лакокрасочных материалов

Способ нанесения покрытий	Условия сушки, характеристика покрытий
Пентафталевые ПФ	
Кистью, распылением, об- ливанием, окунанием, в электростатическом поле (по глифталевым и фенольным грунтовкам)	Высыхают при 18—23 °С за 24—28 ч; при 100—110 °С за 3—4 ч. Покрытия эластичны, устойчивы к механическим воздействиям, атмосферостойкие. Имеют хороший глянец. Применяют для окраски приборов и дру- гих изделий
Глифталевы ГФ	
То же	Высыхают при 18—23 °С за 24—36 ч, при 80—100 °С за 1,5 ч. Характеристики близки к характеристикам пентафталевых, но атмо- сферостойкость ниже. Применяют для за- щитной и декоративной окраски приборов и машин
Меламиноалкидные МЛ	
Распылением пневматиче- ским и в электростатическом поле (по глифталевым и фе- нольным грунтовкам)	Высыхают при 110—140 °С за 1—1,5 ч. Об- ладают высокой твердостью, эластично- стью, хорошим глянцем, высокой атмо- сферостойкостью. Применяют для декоратив- ной окраски приборов и машин
Мочевинные МЧ	
То же, что для пентафта- левых	На древесине высыхают в естественных условиях при добавлении отвердителя (со- ляная кислота, контакт Петрова); на ме- таллах высыхают при 120—140 °С. Обладают высокой твердостью, зеркальным блеском, бензомаслостойкостью. Применяют для ок- раски металлических и деревянных изде- лий

Способ нанесения покрытий	Условия сушки, характеристика покрытий
Фенольные смолы ФП	
Распылением, окунанием, кистью (по фенольным грунтовкам)	Высыхают при 18—23 °С за 24—30 ч, при 180 °С — за 30 мин. Эластичные, с высокой твердостью, атмосферостойкие (содержащие растительные масла). Применяют для окраски металлических изделий
Эпоксидные смолы ЭП	
Распылением, кистью (по эпоксидным, фенольным, поливинилацетатным грунтовкам и эпоксидным, перхлорвиниловым шпатлевкам)	Для высыхания добавляют отвердитель (№ 1, АЭ-4). Сушат при 18—20 °С 25 ч или при 120—180 °С в течение 1—2 ч. Обладают высокой твердостью, атмосферостойкостью, бензостойкостью, водостойкостью, стойкостью к воздействию щелочей, длительной теплостойкостью при 200 °С, стойкостью к температурным перепадам — 60 ÷ +200 °С, высокими электроизоляционными свойствами. Применяют для окраски металлических изделий
Полиэфиры ненасыщенные ПЭ	
Распылением, поливом (по порозаполнителю, шпатлевке и без них)	Сушка ступенчатая: 18—20 °С 20 мин, затем 60 °С 30 мин. Обладают стойкостью к действию воды и растворителей, нагреву и охлаждению. Применяют для высококачественной окраски деревянных корпусов
Полиуретановые УР	
Распылением, окунанием, кистью (по грунтовке УР-01 или по металлу)	Высыхают при 18—20 °С за 9 ч или при 120 °С за 1,5 ч. Обладают газонепроницаемостью, твердостью, бензостойкостью, эластичностью, стойкостью к истиранию. Применяют для окраски изделий из черных и цветных металлов, анодированного дюралюмина
Нитроцеллюлозные НЦ	
Распылением (по глифта-левым и фенольным грунтовкам)	Высыхают при 18—23 °С за 30 мин. Стойки к минеральным маслам, бензину, слабым щелочам. Пожаро- и взрывоопасны. Применяют для окраски изделий из металла и древесины
Перхлорвиниловые ХВ	
Распылением (по глифта-левым, фенольным и перхлорвиниловым грунтовкам)	Высыхают при 18—23 °С за 1—3 ч или при 60 °С за 0,5—1 ч. Для окончательного отверждения необходима выдержка при 18—23 °С не менее 7 суток. Обладают атмосферостойкостью, химической стойкостью, бензо- и маслостойкостью, невысокой светостойкостью и термостойкостью. Применяют для окраски изделий из металла и древесины, в том числе подвергающихся кратковременному воздействию морской и пресной воды

Продолжение табл. 84

Способ нанесения покрытий	Условия сушки, характеристика покрытий
Сополимеры винилхлорида ХС	
Распылением (по глифта- левым и перхлорвиниловым грунтовкам)	Высыхают при 18—23 °С за 1—3 ч или при 60 °С за 0,5—1 ч. Обладают большей адгезией, химической стойкостью и морозостойкостью, чем перхлорвиниловые. Применяют для окраски оптических приборов
Алкиднотириольные АС	
Распылением пневматиче- ским и в электрическом по- ле, кистью	Высыхают при 18—23 °С за 1,5—2 ч. Обладают твердостью, стойкостью к повышенной влажности, соевым растворам, маслам, бензину, щелочным эмульсиям. Применяют для исправления дефектов в процессе окраски молотковыми эмалями (МП)
Каучуки КЧ	
Пневматическим распыле- нием	Высыхают при 150—180 °G за 1 ч; обладают твердостью, эластичностью, атмосферостойкостью, бензо- и маслостойкостью. Применяют для окраски оптико-механических приборов
Кремнийорганические КО	
Распылением, кистью	Высыхают при 18—23 °С за 24 ч или при 150—170 °С за 2 ч. Обладают повышенной термостойкостью (250—500 °С), атмосферостойкостью, водо-, бензо- и маслостойкостью. Применяют для окрашивания изделий из фосфатированных сталей и анодированных алюминиевых сплавов, работающих при повышенных температурах
Полиакриловые АК, АС	
Распылением (по эпокси- дным, фенольным и поли- акриловым грунтовкам)	Высыхают при 18—23 °С за 24 ч или при 100 °G за 2 ч. Покрытие атмосферостойкое к смазкам и спиртам, маслостойкое. Применяют для окраски шкал приборов, стеклотекстолита, деталей приборов и машин
Поливинилацетальные ВЛ	
Распылением, окунающим, кистью	Высыхают при 18—23 °С за 24 ч или при 120 °С за 1—4 ч. Покрытие водостойкое, масло- и бензостойкое. Применяют для окраски изделий из сталей, алюминиевых и магниевых сплавов, работающих при повышенной температуре в среде бензина и минеральных масел
Битумы БТ	
То же	Высыхают при 18—23 °С за 20—24 ч. Покрытия влагостойкие и химически стойкие. Применяют в электроаппаратостроении
Масляно-лаковые (канифольные) КФ	
Распылением, окунающим, кистью, в электрическом поле (без грунтовки по ме- галлу и дереву)	Высыхают при 18—23 °С за 24—30 ч или при 60—65 °С за 4 ч. Покрытия атмосферостойкие, эластичные. Применяют для окраски деталей, приборов и машин, декоративной окраски металлических и деревянных поверхностей

85. Сочетания грунтовок с эмалями (лаками) и материалами окрашиваемых поверхностей

Лакокрасочные материалы	Черные металлы	Алюминий и сплавы на его основе	Медь, латунь, бронза	Магниеые сплавы	Цинк	Сталь кадмированная
	ГФ-020, ФЛ-03к, ФЛ-03кк	ФЛ-03ж, ГФ-031	ФЛ-03к, ФЛ-03кк	ФЛ-03ж, ГФ-031	ФЛ-03ж ГФ-031	ФЛ-03ж ФЛ-03к ФЛ-03кк ГФ-031
Алкидные ПФ и ГФ	+	+ и КФ-030	+	+	+	+
Меламинные МЛ	+	+ и КФ-030	+	+	+	+
Мочевинные МЧ	+	+ и КФ-030	+	+	+	+
Фенольные ФП	+	+ и КФ-030	+	+	+	+
Эпоксидные ЭП	+ и ЭП-09Т	— ЭП-09Т	— ЭП-09Т	— ЭП-09Т	— ЭП-09Т	— ЭП-09Т
Алкиднотириольные МС	+ можно без грунта	Без грунта	Без грунта	—	—	—
Нитроцеллюлозные НЦ	+	+	+	+	+	+
Перхлорвиниловые ХВ	+ и ХС-010	+ и ХС-010	+ и ХС-010	+	+	+
На основе сополимеров винилхлорида ХС	+ и ХС-010	+	+ и ХС-010	+	+	+
Кремнийорганические К, КО*	+ можно без грунта	ФЛ-03ж в КФ-030	—	—	—	—
Полнакриловые АС, АК	+ и ЭП-09Т	ФЛ-03ж, ЭП-09Т и без грунта	+ и ЭП-09Т без грунта	ФЛ-03ж и ЭП-09Т	ФЛ-03ж и ЭП-09Т	+ и ЭП-09Т
Полвинилацетальные ВЛ	Без грунта	Без грунта	Без грунта	Без грунта	—	Без грунта
Битумные БТ	+ Без грунта	—	Без грунта	—	—	—
Масляные эмали КФ	+	+	Без грунта	+	+	+

* Для эксплуатации при высоких температурах.

Примечание. Знак «+» означает пригодность, а знак «—» — непригодность грунтовок, перечисленных в верхней части таблицы для данного лакокрасочного материала; марки грунтовок рядом со знаками являются дополнительно применимыми.

В обозначение марки лакокрасочного материала входят буквенное обозначение группы (см. табл. 82) и несколько цифр, первая из которых указывает назначение материала (см. табл. 84), а остальные составляют порядковый номер регистрации материала. Например: эмаль ХВ-16 — перхлорвиниловая эмаль (ХВ), атмосферостойкая 1, регистрационный номер 6; грунтовка ГФ-020 — глифталевая ГФ грунтовка 0, регистрационный номер 20.

В обозначении покрытий на изделии указывают дополнительно условия эксплуатации (ГОСТ 9.104—79) и требования к внешнему виду покрытия (табл. 86).

86. Классификация покрытий по внешнему виду

Класс покрытия	Характеристика внешнего вида
I	Поверхность ровная, гладкая, однотонная; не допускаются дефекты поверхности, видимые без применения увеличительных приборов
II	Поверхность ровная, гладкая, однотонная или с характерным рисунком. Допускаются отдельные малозаметные без применения увеличительных приборов соринки, следы зачистки, риски, штрихи и пр. Рисуночные покрытия должны иметь четкий рисунок без непроявленных участков
III	Поверхность однотонная, гладкая или с характерным рисунком. Допускаются отдельные, заметные без применения увеличительных приборов соринки, следы зачистки, риски и штрихи, а также неровности, связанные с состоянием окрашиваемой поверхности до окраски
IV	Поверхность однотонная с характерным рисунком. Допускаются различные заметные дефекты, не влияющие на защитные свойства покрытий

КЛЕИ

Клеи предназначены для неразъемного соединения металлов и неметаллических материалов (табл. 87—89).

87. Рекомендуемые марки клея для склеивания различных материалов и минимальная рабочая температура, °С

Марка	Материалы									
	Пластмассы порошковые	Винилпласты	Полиэтилен	Фторопласт-4	Полипропилен	Оргстекло	Целлулоид	Древесные материалы	Полистирол блочный	Текстолит
АМК	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
БФ-2*1	60	—	—	60	—	—	—	—	—	60
БФ-4*	—	—	—	—	—	—	—	60	—	—
В-107	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ВИАМ-19	80	—	—	—	—	—	—	60	—	80
										Теплоизоляционные материалы
										150
										—
										—
										80
										80

Продолжение табл. 87

Марка	Материалы												
	Пластмассы порошковые	Винилпласты	Полиэтилен	Фторопласт-4	Полипропилен	Оргстекло	Целлулоид	Древесные материалы	Полистирол блочный	Текстолит	Стеклотекстолиты	Пенопласты	Теплоизоляционные материалы
В-31-Ф9	80	—	60	—	80	150	—	60	—	80	—	100	100
ВК-32-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200
ВК-32-200	200	—	—	200	—	—	—	—	—	100	200	—	—
ВК-32-ЭМ*1	80	—	—	—	—	—	—	—	—	80	80	80	—
ВКТ-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	400
ВКТ-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ВС-10М*1	150	—	—	—	—	—	—	—	—	100	150	—	—
ВС-10Т*1	150	—	—	150	—	—	—	—	—	150	150	—	—
ВС-350*1	250	—	—	250	—	—	—	—	—	100	300	—	—
Карбонильные *1	60	—	—	20	—	—	—	—	—	60	—	—	—
К-17*1	—	—	—	—	—	—	—	60	—	—	—	—	—
К-32-70*1	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—
К-153*1	80	—	—	80	—	—	80	60	—	80	80	120	80
Л-4*1	80	—	—	—	—	—	—	60	—	80	80	80	—
ПВ-16	—	—	—	—	—	60	—	—	—	—	—	—	—
ПК-5*1	60	—	—	60	—	—	—	—	—	60	—	—	—
ПУ-2*1	80	60	60	80	80	150	80	60	60	80	80	120	—
ПУ-2М*1	80	60	60	80	60	—	80	60	60	80	—	80	100
№ 88	—	—	20	—	20	—	—	—	—	—	—	—	80

*1 Клеи пригодны для склеивания металлов с указанными в таблице материалами, если температурный режим склеивания не превышает рабочей температуры материала.

Примечание. Склеивание полиэтилена, полипропилена, фторопласта-4 возможно только по обработанной химическим или другим способом поверхности материала.

88. Типовые режимы склеивания различных материалов синтетическими клеями

Марка клея	Температура, °С	Давление, кгс/см ²	Выдержка до отверждения, ч
Для металлов			
К-153	25	1,0—1,5	16—20
БФ-2 БФ-4	140—150	10,0—20,0	1
ВС-10Т	180	0,5—2,0	1—2
ВК-32-ЭМ	150	0,5—3,0	3
ВС-10М	180	3,0—10,0	2—3
ВК-32-200	180	10,0—20,0	1—2
П-4	120	0,1—7,3	4
ПК-5	80	0,5—3,0	6
ПУ-2М	105	0,5—3,0	4
ВС-350	200	1,0—2,0	2
Карбонильный	20	0,3—0,5	24—30

Продолжение табл. 88

Марка клея	Температура, °С	Давление, кгс/см ²	Выдержка до отверждения, ч
Для неметаллических материалов			
МАС-1	150	2,0—3,0	0,5
КТ-15	200	2,0—3,0	2
К-17	15	0,5—3,0	6—8
№ 88	15	Без давления	3
АМК	105	То же	4
АК-20	18	»	8
ВК-32-2	20	»	10
К-32-70	65	1,0—1,5	4
В-31-ф	20	1—3	10—12
ПВ-16	20	1,0—1,5	4
В-107	15	5—3	10—12
ВИАМ-БЗ	16	0,5—5,0	10—12
ВИАМ-К-12	16	0,5—5,0	8—10
ВИАМ-Ф	18	0,5—3,0	12—15

89. Свойства и назначения синтетических клеев

Марка	Прочность при 20 °С		Примерное назначение
	на сдвиг, кгс/см ²	на отди- рание, кгс/м	
Фенольные			
БФ-2, БФ-4	300	28	Для склеивания металлов, текстолита, аминопластов, стекла, древесины, фибры, фарфора, кожи; вибростоек
БФ-6	—	—	Для склеивания тканей, резины, войлока между собой и для приклеивания их к металлам
ВК-32-200	150	32	Для склеивания дюралюминия, сталей, стеклотекстолитов, пенопластов
ВС-350	180	—	
ВС-10Т	180	32	
ВС-10М	200	32	Для склеивания металлов, стеклотекстолитов и текстолитов
КР-4	—	—	Для склеивания пластмасс, древесины, текстильных материалов
КБ-3	—	—	
Бакелитовые			
СБС-2	—	—	Для склеивания пластмасс, тонких древесных, бумажных и текстильных материалов
Эпоксидовые			
ЭД-5, ЭД-6	—	—	Для склеивания металлов, винипласта, оргстекла, фарфора, керамики, древесины, пластмасс, приклеивания вулканизированной резины к металлам
ВК-32-ЭМ	250	20	Для склеивания сталей, дюралюмина между собой и с пенопластами. Стоек в различных кинематических условиях

Марка	Прочность при 20 °С		Примерное назначение
	на сдвиг, кгс/см ²	на отди- рание, кгс/м	
ВК-7	75	—	Для склеивания сталей алюми- ниевых и титановых сплавов, работающих при температуре от —60 до +250 °С
Л-4	40	—	Для контрсовки винтов и бол- товых соединений, склеивания металлов между собой и со стек- лопластиками в узлах несилово- го назначения
Полиамидные			
ПФЭ-2/10	60	60	Для склеивания металлов, текстолита, древесины, капро- нового волокна, полнамидных пленок, кож
ПК-5	150	—	Для склеивания полнамидной пленки
МПФ-1	175	65	Для склеивания металлов друг с другом и неметаллическими материалами. Эластичный, об- ладает длительной прочностью
Карбонидные			
КМ-3	—	—	Для склеивания пластмасс,
К-17	140	—	древеси́ны, бумаги, текстильных
КМ-12	—	—	материалов; вибростойкие
Полиуретановые			
ПУ-2	140	—	Для склеивания сталей, алюми- ниевых сплавов между собой и с неметаллическими материа- лами. Обладает длительной прочностью и выносливостью, стойк в различных климатиче- ских условиях
ВК-5	75	—	Для холодного склеивания сталей, алюминиевых и титано- вых сплавов между собой и с неметаллическими материалами, работающих при ±60 °С в тече- ние 1000 ч; вибростоек
Перхлорвиниловые			
Д-10; М-10	—	—	Для склеивания поливинило- вых пластиков между собой и с металлами
«Лейкопат» Б-10	—	40	Для приклеивания невулка- низированной резины к метал- лам
ХВК-2а	—	—	Для приклеивания винипла- ста, тканей и пластиков к ме- таллам
Глифталевые			
АМК	—	75	Для склеивания стекла, при- клеивания теплоизоляции к ме- таллам
ИП-9	—	—	Для склеивания силиконовых рези́н с металлами

Продолжение табл. 89

Марка	Прочность при 20 °С		Примерное назначение
	на сдвиг, кгс/см ²	на отди- рание, кгс/м	
Металлические			
Мекладии	—	—	Для склеивания металлов, ке- рамики органических полимеров и др.; электропроводен, выдер- живает нагрев до 700—800 °С
Фосфатные			
Алюмофосфат- ный клей	—	—	Для склеивания стекла, ситал- ла, керамики, металлов (никель, молибден, вольфрам, титан, тан- тал, ковар констант), работаю- щих от -60 до +1400 °С
Циан-акриловые			
Циакрин	140	—	Хорошо склеивает различные материалы
Эпоксидно-фурфурольноацетатные			
БОВ-1 БОВ-2 БОВ-3	—	—	Для склеивания металлов и пластмасс; химически стойкие, теплостойкие

ДРЕВЕСИНА

Основные свойства различных пород древесины приведены в табл. 90.

90. Свойства древесины

Порода древесины	Плотность, г/см ³	Пределы проч- ности, кгс/см ²			Сопротивление ударному изгибу	Модуль упру- гости при стати- ческом изгибе	Твердость		Линейная усуш- ка, %, не более
		при сжатии вдоль воло- кон	при статиче- ском изгибе	при скаль- вании во- локон			торцовая	боковая	
					кгс/см ²				
Лиственница	0,67	540	950	90	0,28	137	430	325	13
Сосна	0,50	420	720	70	0,19	101	240	175	10
Кедр	0,44	340	635	60	0,145	81	210	115	3,2
Ель	0,47	405	755	65	0,18	79	210	120	7,2
Пихта	0,40	340	620	65	0,15	84	—	—	10
Береза	0,65	470	925	100	0,41	102	390	315	10,0
Клен	0,71	515	1075	120	0,41	94	740	550	10,0
Липа	0,47	340	615	—	0,26	71	165	115	11,0
Осина	0,50	375	685	70	0,36	91	260	185	8,4
Тополь	0,43	315	515	65	0,20	83	220	175	8,4
Ясень	0,70	510	1060	110	0,38	122	670	—	8,4
Дуб	0,71	510	940	80	0,34	85	570	475	8,2
Ольха черная	0,52	365	720	—	—	60	330	260	—

Пиломатериалы изготовляют из древесины хвойных и лиственных пород. По размерам поперечного сечения пиломатериалы подразделяют на доски (ширина более двойной толщины), бруски (ширина не более двойной толщины), брусья (толщина и ширина более 100 мм). Доски выпускают шириной 80, 90, 100, 110, 130, 150, 180, 200, 220 и 250 мм и толщиной 13, 16, 19, 22, 25, 32, 40, 45, 50, 60, 70, 75 и 100 мм. Сечение брусков 50×100, 60×100, 70×80, 70×100, 75×100, 75×130, 75×150, 100×100, 100×130, 100×150, 100×180 и 100×200 мм. Сечение брусьев 130×130, 130×150, 130×180, 150×150, 150×180, 150×200, 180×180, 180×220, 200×200, 200×250, 220×220, 220×250 и 250×250 мм.

Клееную фанеру выпускают марок ФСФ (повышенной водостойкости) и ФК (средней водостойкости) (ГОСТ 5.1494—72), ФБА (склеенная альбуминоказенновыми клеями).

Номинальные размеры листов фанеры, мм:

2440 × 1525 × (3, 4, 5, 6, 7, 8)	1525 × 1525 × (9, 10, 12, 15, 18)
2440 × 1220 × (3, 4, 5, 6, 7, 8)	1525 × 1220 × (9, 10, 12, 15, 18)
2135 × 1525 × (3, 4, 5, 6, 7, 8)	1525 × 725 × (9, 10, 12, 15, 18)
1830 × 1220 × (3, 4, 5, 6, 7, 8)	1220 × 725 × (9, 10, 12, 15, 18)
1830 × 1525 × (3, 4, 5, 6, 7, 8)	1220 × 1220 × (9, 10, 12, 15, 18)

В скобках указана возможная толщина фанеры. Предел прочности при скалывании по клеевому шву должен быть не менее: для березовой фанеры 12 кгс/см²; для прочей 6—10 кгс/см².

Бакелизованную фанеру выпускают марок ФБС (ГОСТ 5.899--71) (склеенная спирторастворимыми смолами), ФБСВ и ФБСВ₁ (склеенные спирто- и водорастворимыми смолами) и ФБВ и ФБВ₁ (на водорастворимых смолах).

Номинальные размеры листов бакелизованной фанеры, мм:

1500 × 1200 × 5	5000 × 1200 × 14
1500 × 1500 × 7	5600 × 1200 × 14
4400 × 1500 × 10	5600 × 1500 × 16
4900 × 1250 × 12	7700 × 1500 × 18

Предел прочности бакелизованной фанеры разных марок должен быть не менее: при скалывании по клеевому шву 15 кгс/см², при растяжении вдоль волокон 600—800 кгс/см², при статическом изгибе вдоль волокон 900—1110 кгс/см².

БУМАЖНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Бумажные материалы толщиной до 0,5 мм и массой 1 м² до 250 г условно относят к бумаге, а продукцию большей толщины и плотности — к картону.

Картон — подразделяют на прокладочный, электроизоляционный, технический, тарный, строительный, декоративный и др. Прокладочный картон является бензо- и маслостойким материалом; его выпускают толщиной 0,2; 0,25; 0,5; 0,8; 1,0; 1,5 мм. Влажность 8—10 %; впитываемость за 24 ч, не более: воды 12 %, бензина 20 %, масла 25 %. Прокладочный картон можно заменить чертежной бумагой или техническим картоном после смачивания их горячей водой до насыщения и просушивания с последующей пропиткой (20—25 мин при температуре 60—70 °С) растительным маслом и олифой.

Картон электроизоляционный (ГОСТ 2824—75) выпускается марок ЭВС, ЭВП, ЭВТ, ЭВ, ЭВА в листах и рулонах при толщине от 0,1 до 3 мм. Плотность картона 0,95—1,25 г/см³; предел прочности при растяжении 34—127 МПа (3,5—130 кгс/мм²); электрическая прочность 8—13 кВ/мм.

Пергамент представляет собой прозрачную маслонепроницаемую влагостойкую бумагу, получаемую обработкой непроклеенной бумаги серной кислотой с последующей щелочной нейтрализацией.

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Войлок технический (грубошерстный Г, полугрубошерстный П, тонкошерстный Т) выпускают: а) для сальников С; б) для прокладок ПрП; ПрБ; в) для фильтров Ф; г) для звуко- и теплоизоляции И (грубошерстный). В условное обозначение входит его наименование по виду шерсти, назначению, толщине и номер стандарта. Например: Войлок ГС 10 ГОСТ 6418—67 (Г — грубошерстный; С — для сальников; 10 — толщина 10 мм).

Номенклатуру деталей, изготавливаемых из войлоков (табл. 91), регламентируют ГОСТ 6418—67, ГОСТ 6308—71, ГОСТ 288—72.

91. Основные свойства войлока

Тип войлока	Предел прочности на разрыв, кгс/см ²		Удлинение при разрыве, %, не более	
	для сальников	для прокладок	для сальников	для фильтров
Грубошерстный	15	10—12	145	150
Полугрубошерстный	25	12—15	140	145
Тонкошерстный	35	30	135	135

Примечание. Капиллярность (при толщине войлока 10 мм) для фильтров не менее 45 мм.

Влажность войлока не более 12 %.

Номинальная толщина войлока: 8—20 мм грубошерстного; 6—20 мм полугрубошерстного; 2,5—20 мм тонкошерстного.

Войлок для электротехнической промышленности выпускают по ГОСТ 11025—78.

Свойства тепло- и звукоизоляционных материалов приведены в табл. 92 и 93.

92. Свойства рыхловолокнистых тепло- и звукоизоляционных материалов

Марка	Состав	γ , кг/м ³	Рабочая температура, °C	Коэффициент теплопроводности, ккал/(см·с·°C)
АСИМ	Стекловолок между двумя слоями стеклоткани, простеганной стеклянными нитями	110	-60 ÷ 400	0,0488 (при 20 °C)
АТИМС	Стекловолокно (5-7 мкм) между двумя слоями стеклоткани, простеганной стеклянными нитями	75-85	-60 ÷ 450	0,0307 (при 20 °C)
АТМ-3	Штапельные стекловолокна (2,5 мкм) между двумя слоями стеклоткани, простеганные стеклянными нитями	40-50	-60 ÷ +450	0,04 (при 160 °C)
АТИМСС	Стекловолокно со смоляной связкой	25	-60 ÷ +150	0,03 (1 + 0,093t _{ср})
Маты:				
С-100	Волокно и до 8 % смолы	100	До 130	0,09-0,045 (при 30 °C)
С-125	То же	125	130	
Плиты	Короткое волокно и до 15 % синтетических смол	20-80	-60 ÷ +100	0,032 (при 82 °C)

93. Теплоизоляционные конструкционные материалы

Материал	γ , г/см ³	Предел прочности при сжатии, кгс/мм ²	Коэффициент теплопроводности, ккал/(м·ч·°C) (K = 10 ⁻³ t _{ср})	Максимальная рабочая температура, °C
Асбестовый картон	0,90	—	0,14 + 0,15 K	500
Асбестовый шнур	0,80	—	0,11 + 0,13 K	300
Асбослюда (изделия)	0,58	2,5	0,112 + 0,13 K	300
Асбоцементные изоляционные плиты	0,30	3	0,60 + 0,15 K	500
Вулканит (изделия)	0,40	4,0-4,5	0,074 + 0,1 K	—
Шлаковая (минеральная вата)	0,20	—	0,048 + 0,13 K	—
Стеклоянная вата	0,25-0,30	—	0,032 + 0,22 K	600
Газостекло	0,3-0,6	25-65	0,1 + 0,15 K	500
Пенобетон	0,40	4	0,085	300
	0,50	6	0,105	300

Липкая изоляционная лента представляет собой поливинилхлоридный пленочный пластикат, покрытый слоем перхлорвинилового клея (100 г на м²). Выпускают ее четырех марок ПХЛ-020; ПХЛ-030; ПХЛ-040; ПХЛ-045 толщиной соответственно 0,2; 0,3; 0,4; 0,45 мм и шириной 15—50 мм. Предел прочности на разрыв не менее 80 кгс/см²; удельное объемное электросопротивление не менее 10^{13} Ом·см; липкость не менее 30 с; морозостойкость до —40 °С.

Лакоткани и стеклоткани электроизоляционные представляют собой хлопчатобумажные, шелковые и стеклянные ткани, пропитанные электроизоляционным лаком. Их выпускают в виде рулонов, листов, трубок и цилиндров. Толщина лакотканей: 0,15—0,30 мм хлопчатобумажных (ГОСТ 2214—78), 0,04—0,15 мм шелковых (ГОСТ 2214—78), 0,08—0,24 мм стеклянных (ГОСТ 10156—78). Электрическая прочность лакотканей 30—66 кВ/мм; удельное объемное сопротивление 10^{10} — 10^{14} Ом·см.

Слюда представляет собой алюмосиликатный прозрачный минерал с удельным электрическим сопротивлением 10^{13} — 10^{14} Ом·см, электрической прочностью 300—400 кВ/мм; тангенсом диэлектрических потерь 0,0003—0,004 и пределом прочности на разрыв 20—31 кгс/мм².

Микалента — склеенные пластинки слюды. Микалента с двух сторон оклеена тонкой бумагой.

Параметры электроизоляционных материалов приведены в табл. 94.

94. Параметры электроизоляционных материалов

Электроизоляционный материал	Толщина, мм	Количество связующего, %	Электрическая прочность, кВ/мм
Коллекторный (ГОСТ 2196—75)	0,4—1,5	1	19
Формовочный (ГОСТ 6122—75)	0,15—1,5	8—33	25—41
Прокладочный (ГОСТ 6121—75)	0,5—5,0	8—20	16—34
Гибкий (ГОСТ 6120—75)	0,15—0,5	10—31	16—28
Микалента (ГОСТ 4268—75)	0,08—0,21	—	9—28

РЕЗИНА

Резина как конструкционный материал отличается высокими эластическими свойствами в широком диапазоне температур и частот деформации. Кроме того, резины обладают высоким сопротивлением разрыву, износу, газо- и водонепроницаемостью, химической стойкостью, ценными электрическими свойствами и др.

По назначению различают резины:

- а) мягкие — для изделий и деталей промышленной техники;
- б) жесткие (эбонитовые) для изделий электротехнической промышленности;
- в) пористые или губчатые, применяемые в качестве амортизаторов;
- г) пастообразные для герметизации и уплотнения.

Основой всех резин служат каучуки. Основные свойства и назначения различных резин приведены в табл. 95, 96.

95. Физические и механические свойства резин из разных каучуков

Каучуки	Физические свойства			Механические свойства			
	Температура хрупкости, °C	Плотность сырого каучука, г/см ³	Удельное объемное сопротивление, Ом·см	Предел прочности при растяжении, кгс/см ²	Сопротивление раздиру, кгс/см	Удлинение при разрыве*, %	Напряжение при 300%-ном удлинении, кгс/см ²
Изопреновые:							
синтетический СКИ-3	-70	0,91—0,92	10 ¹⁵ —10 ¹⁶	290—300	100—115	700	35
натуральный НК	-70	0,91—0,92	10 ¹⁵ —10 ¹⁶	325—340	100—135	600—700	40
Бутадиеновые:							
СКД	-110	0,91—0,93	10 ¹⁴ —10 ¹⁵	175	50—60	500—700	60—75
СКБ	-50	0,90—0,92	10 ¹⁴ —10 ¹⁵	130—160	45—60	500—600	65
Бутадиен-стирольные:							
СКС-30АРКМ-15	-49	0,994	7·10 ¹⁴	245—255	55—65	550—750	90—100
СКС-30АРК	-77	0,919	7·10 ¹⁴	280—285	45—50	550—750	40—60
Бутадиен-нитрильные:							
СКН-18	-58	0,943	10 ¹⁰	250—270	55—65	450—550	До 110
СКН-26	-46	0,962	10 ¹⁰	280—300	60—70	600—700	100—120
СКН-40	-23	0,986	10 ¹⁰	300—330	57—65	600—700	100—120
Хлоропреновый (наирит)	-34	1,225	7·10 ¹⁴	200—265	60—90	600—750	150
Бутилкаучук	-45	0,91	10 ¹⁶	160—240	65—95	650—800	30—60
Сялоксановый каучук СКТ	-74	1,7—2,0	3·10 ¹³	35—80	15—20	360	20—30
Тиокол Д	-40	1,3—1,4	1,6·10 ¹⁵	38—42	4—5	250—430	—
Этилен-пропиленовый СКЭП	-45	0,86—0,87	10 ¹⁶	230—250	55	550—650	До 120
Уретановый СКУ	-30	1,21—1,25	10 ¹⁶	250—350	30—60	500—585	125—300

* При 20 °C.

96. Назначение наиболее распространенных каучуков

Каучуки	Область применения
Изопреновые (стереорегулярные). Синтетический СКИ-30. Натуральный	Шины, резинотехнические и резиновые изделия ширпотреба, изоляция кабелей и др.
Бутадиеновые СКД, СКБ	Морозостойкие изделия. Приводные ремни, транспортеры, формовые изделия, оболочки кабелей, озоностойкие изделия и покрытия
Бутадиен-стирольные (СКС-30, АРКМ, СКМС-36, СКС-10, СКМС-10). Хлоропреновые (наирит)	Масло- и бензостойкие изделия, газонепроницаемые и озоностойкие изделия — шины, варочные камеры, диафрагмы
Бутил	Масло-, бензо-, тепло- и растворителестойкие изделия — транспортные ленты для подачи горючих материалов и др.
Бутадиен-нитрильные СКМ-18, СКМ-26, СКМ-40. Силоксановые СКТН, СКТ	Сверхтеплостойкие и морозостойкие изделия, электротехнические детали и др.
Тнокол	Масло- и бензостойкие изделия, уплотнители, герметики
Этилен-пропиленовый СКЭП	Озоностойкие и другие химически стойкие и электротехнические изделия

Классификация резины по различным свойствам и условное обозначение приведены в ГОСТ 19198—73. Согласно этой классификации резину по тепловому старению делят на семь типов (обозначения Т07, Т10, Т12, Т15, Т17, Т20, Т22, Т25), по изменению объема после пребывания в нефтяной жидкости СЖР-3 на семь классов (обозначения К1; ...; К7).

В марке резины также указываются основные и дополнительные ее свойства (твердость, предел прочности, морозостойкость, масло-стойкость, сопротивление раздиру и др.).

СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Смазочные материалы предназначены для уменьшения износа трущихся поверхностей, повышения КПД механизмов и машин, предохранения от коррозии. Смазочные материалы разделяют на два вида: жидкие минеральные масла и пластичные смазки (консистентные пасты). Минеральные масла разделяют на конструкци-

онные (моторные, трансмиссионные, промышленные, турбинные, и др.) и технологические, применяемые при обработке металлов. Основные характеристики смазок — кинематическая вязкость, температура вспышки и застывания.

Основные свойства и область применения промышленных масел общего применения приведены в табл. 97.

97. Промышленные масла общего назначения (ГОСТ 20799—75)

Масло	ГОСТ	Кинематическая вязкость (сСт) при температуре 50° С	Температура, °С		Назначение
			вспышки, не ниже	застывания, не выше	
И-5А	20799—75	4,0—5,1	112	—25	Для смазки поверхностей при высоких скоростях скольжения
И-8А	20799—75	5,1—8,5	125	—20	То же
И-12А	20799—75	10—14	165	—30	Для различных механизмов
И-20А	20799—75	17—23	170	—20	То же
И-30А	20799—75	27—38	180	—15	Для смазок крупных и тяжелых станков
И-45	20799—75	38—52	190	—10	Для смазки тяжелых низкоскоростных станков
Сепараторное Л	176—50	6,0—10,0	—	—	Для подшипников сепараторов

Пластичные смазки по температуре каплеотделения ($T_{к.о}$) разделяют на низкотемпературные ($T_{к.о} < 65^\circ\text{C}$), среднетемпературные ($65 \leq T_{к.о} \leq 100$) и высокотемпературные ($T_{к.о} > 100^\circ\text{C}$). Их основу составляют загущенные минеральные масла (табл. 98).

98. Свойства и назначение пластичных смазок

Смазка	ГОСТ	Температура каплеотделения, °С (не ниже)	Назначение
Низкотемпературные			
Консервационная (К-17)	10877—76	54	Для защиты деталей от коррозии
Пластичная ПВК	19537—74	54	То же
Пластичная ГОИ-54п	3276—74	60	Для защиты деталей от коррозии в диапазоне температур от -40°C до $+40^\circ\text{C}$
Бензиноупорная	7171—78	55	Для уплотнения резьбовых соединений бензопроводов

Продолжение табл. 98

Смазка	ГОСТ	Температура каплеотделения, °C (не ниже)	Назначение
Среднеплавкие			
Солидол синтетический	4366—76	—	Для защиты деталей от коррозии
Смазка графитная УССА	3333—80	77	Для смазки высоконагруженных узлов трения
Тугоплавкие			
Смазка консталин	1957—73	130 (УТ-1), 150 (УТ-2)	Универсальная
Смазка 1-13 жировая	1631—61	120	Для смазки подшипников качения
ЦИАТИМ-201	6267—74	170	Для смазки приборов и механизмов, работающих с малыми усилиями сдвига при температурах от -60 °C до +90 °C
ЦИАТИМ-202	11110—75	170	То же
ЦИАТИМ-203	8773—73	150	Для смазки высоконагруженных механизмов
ЦИАТИМ-205	8551—74	65	То же
ЦИАТИМ-221	9433—80	200	Для смазки различных механизмов, работающих в диапазоне температур от -60 °C до +150 °C
ВНИИ НП-225	19782—74	—	Для уплотнения резьбовых соединений, работающих при температуре от -70 до +450 °C
ВНИИ НП-292	14068—79	—	То же, но в диапазоне температур от -20 до +125 °C
ВНИИ НП-257	16105—70	—	Для смазки шарикоподшипников и малонагруженных зубчатых передач
ВНИИ НП-260	19832—74	—	Для смазки скоростных шарикоподшипников
ВНИИ НП-279	14296—78	—	Для смазки узлов трения, работающих в контакте с агрессивными средами

ГЛАВА III

ДЕТАЛИ МАШИН

ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ, УГЛЫ, КОНУСЫ, РАДИУСЫ ЗАКРУГЛЕНИЙ, КАНАВКИ

В табл. 1 приведены стандартные ряды нормальных линейных размеров (диаметров, длин, высот и др.) по СТ СЭВ 514—77. Стандарт распространяется на линейные размеры в машиностроении и устанавливает ряды линейных размеров от 0,001 до 20 000 мм. Стандарт не распространяется на технологические межоперационные размеры и на размеры, связанные расчетными зависимостями с другими принятыми размерами. При выборе размеров предпочтение следует отдавать рядам с более крупной градацией, т. е. ряд *Ra* 5 следует предпочитать ряду *Ra* 10, ряд *Ra* 10 — ряду *Ra* 20 и т. д.

1. Нормальные линейные размеры (мм) в диапазоне от 1 до 950 мм
по СТ СЭВ 514—77

Ряды				Дополнительные размеры	Ряды				Дополнительные размеры
<i>Ra</i> 5	<i>Ra</i> 10	<i>Ra</i> 20	<i>Ra</i> 40		<i>Ra</i> 5	<i>Ra</i> 10	<i>Ra</i> 20	<i>Ra</i> 40	
1,0	1,0	1,0	1,0	1,25 1,35 1,45 1,55 1,65 1,75 1,85 1,95 2,05 2,15 2,25 2,30 2,7 2,9 3,1	2,5	3,2	3,2	3,2	3,3 3,4 3,5 3,6 3,7 3,8 3,9
		1,1	1,1				3,6	3,6	
			1,15					3,8	
	1,2	1,2	1,2		4,0	4,0	4,0	4,0	4,1 4,4 4,6 4,9
1,6	1,6	1,4	1,4				4,5	4,5	
			1,5					4,8	
						5,0	5,0	5,0	
	2,0	2,0	2,0				5,6	5,6	5,2 5,5 5,8 6,2
		2,2	2,2		6,3	6,3	6,3	6,3	
			2,4				7,1	7,1	
2,5	2,5	2,5	2,5					7,5	
			2,6			8,0	8,0	8,0	6,5 7,0 7,3 7,8
		2,8	2,8				9,0	9,0	
			3,0					9,5	

Продолжение табл. 1

Ряды				Допол- нитель- ные размеры	Ряды				Допол- нитель- ные размеры
Ra5	Ra10	Ra20	Ra40		Ra5	Ra10	Ra20	Ra40	
10	10	10 11	10 10,5 11 11,5	10,2 10,8 11,2 11,8	100	100	100 110	100 105 110 120	102 108 112 115
	12	12 14	12 13 14 15	12,5 13,5 14,5 15,5		125	125 140	125 130 140 150	118 135 145 155
16	16	16 18	16 17 18 19	16,5 17,5 18,5 19,5	160	160	160 180	160 170 180 190	165 175 185 195
	20	20 22	20 21 22 24	20,5 21,5 23,0		200	200 220	200 210 220 240	205 215 230
25	25	25 28	25 26 28 30	27 29 31	250	250	250 280	250 260 280 300	270 290 310
	32	32 36	32 34 36 38	33 35 37 39		320	320 360	320 340 360 380	330 350 370 390
40	40	40 45	40 42 45 48	41 44 46 49	400	400	400 450	400 420 450 480	410 440 460 490
	50	50 56	50 53 56 60	52 55 58 62		500	500 560	500 530 560 600	515 545 580 615
63	63	63 71	63 67 71 75	65 70 73 78	630	630	630 710	630 670 710 750	650 690 730 775
	80	80 90	80 85 90 95	82 88 92 98		800	800 900	800 850 900 950	825 875 925

2. Нормальные углы по СТ СЭВ 513—77

Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3
0°				10°				70°
		15'			12°		75°	
	30'		15°					80°
		45'			18°			85°
	1°		20°			90°		
		1°30'			22°			100°
	2°				25°			110°
		2°30'	30°			120°		
	3°				35°			135°
	4°			40°				150°
5°			45°					165°
	6°				50°			180°
	7°				55°			270°
	8°		60°					360°
		9°			65°			

3. Конусности по СТ СЭВ 512—77

Ряд 1	Ряд 2	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 1	Ряд 2
1 : 500	—	—	1 : 15	—	1 : 6	45°	—
1 : 200	—	—	1 : 12	1 : 5	—	60°	—
1 : 100	—	1 : 10	—	—	1 : 4	—	75°
1 : 50	—	—	1 : 8	1 : 3	—	90°	—
—	1 : 30	—	1 : 7	30°	—	120°	—
1 : 20	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. При выборе конусности ряд 1 следует предпочесть ряду 2.

4. Примеры применения нормальной конусности общего назначения *1

Конусность С	Угол		Применение
	конуса α	уклона $\alpha/2$	
1 : 200 1 : 100	17°11,3' 34°22,6'	8°35,65' 17°11,3'	Крепежные детали для неразборных соединений, подвергающихся сотрясениям, ударной (1 : 200) и спокойной (1 : 100) переменной нагрузкам. Конические оправки
1 : 50	1°8'15,2"	34°22,6"	Конические штифты, установочные шпильки, развертки под конические штифты, концы насадных рукояток
1 : 30	1°54'34,9"	57°17,45"	Концы насадных разверток, зенкеров и оправок для них
1 : 20	2°51'51,1"	1°25'55,55"	Метрические конусы инструментов, оправки и развертки для них
1 : 15	3°49'5,9"	1°54'32,95"	Конические соединения деталей, воспринимающих осевые нагрузки. Посадочные места для зубчатых колес, шпинделей
1 : 12	4°46'18,8"	2°23'9,4"	Конусы Морзе
1 : 10	5°43'29,3"	2°51'41,65"	Конические соединения деталей при радиальных и осевых нагрузках. Соединительные муфты. Конусы инструментов
1 : 5	11°25'16,3"	5°42'38,15"	Легкоразъемные соединения деталей. Конические цапфы. Фрикционные муфты
1 : 1,866025	30°	15°	Фрикционные муфты приводов. Зажимные цапги
1 : 0,866025	60°	30°	Центры станков и центровые отверстия
1 : 0,651613	75°	37°30'	Наружные центры инструментов диаметром до 10 мм
1 : 0,5	90°	45°	Потайные головки заклепок диаметром 1—10 мм, потайные головки винтов. Фаски валов, осей, пальцев и др.
1 : 0,288675	120°	60°	Полупотайные головки заклепок диаметром 2—5 мм. Фаски резьбовых отверстий, наружные фаски гаек и головок винтов

*1 Конусность, углы конуса и уклона даны по СТ СЭВ 512—77.

Ряды нормальных углов по СТ СЭВ 513—77 приведены в табл. 2. Стандарт не распространяется на углы, связанные расчетными зависимостями с другими размерами, принятыми в качестве номинальных, и на углы конусов специального применения по СТ СЭВ 512—77. При выборе углов ряд 1 следует предпочитать ряду 2, а ряд 2 — ряду 3.

В табл. 3 приведены значения конусности по СТ СЭВ 512—77, в табл. 4 даны примеры применения конусности.

Конусностью C называется отношение разности диаметров D и d двух поперечных сечений конуса к расстоянию между ними L (рис. 1, а)

$$C = \frac{D-d}{L} = 2 \operatorname{tg} \alpha/2.$$

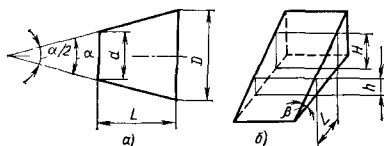


Рис. 1. Угловые размеры:
а — конуса; б — призматической детали

Угол уклона $\alpha/2$ — угол между образующей и осью конуса (или половина угла при вершине).

Углом при вершине конуса α (углом конуса) называется угол между двумя образующими конуса в осевом сечении.

Для призматических деталей по СТ СЭВ 513—77 (рис. 1, б) кроме углов, приведенных в табл. 2, допускается применять следующие значения уклонов S : 1:500; 1:200; 1:100; 1:50; 1:20; 1:10. Значения уклонов

$$S = \frac{H-h}{L} = \operatorname{tg} \beta.$$

В табл. 5 даны размеры укороченных инструментальных конусов Морзе по СТ СЭВ 148—75, в табл. 6 — конусы шпинделей и оправок с конусностью 7:24 по ГОСТ 15945—70.

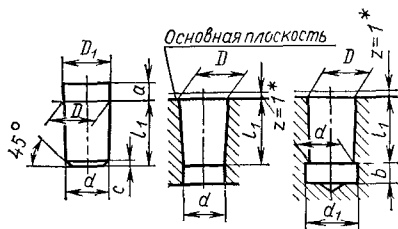
В табл. 7 приведены размеры радиусов и фасок деталей, изготовляемых из металла и пластмасс, кроме размера радиусов закруглений (изгиба) деталей, получаемых гибкой, а также радиусов проточек, для выхода резбонарезного инструмента. При выборе размеров радиусов и фасок 1-й ряд следует предпочитать 2-му.

В табл. 8 даны радиусы закруглений сопряженных валов и втулок; в табл. 9 — галтели вала и корпуса под шарико- и роликоподшипники; в табл. 10 — размеры канавок для посадки подшипников качения.

В табл. 11 приведены размеры канавок для выхода зуборезных долбяков у прямозубых и косозубых колес наружного и внутреннего зацепления по ГОСТ 13754—68 * и ГОСТ 13755—68 (β — углы наклона винтовой линии долбяков).

В табл. 12 и 13 приведены соответственно размеры канавок для выхода шлифовального круга при плоском и круглом шлифовании по ГОСТ 8820—69.

5. Укороченные инструментальные конусы Морзе по СТ СЭВ 148—75
Размеры, мм

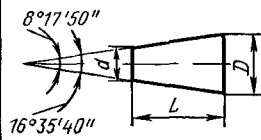


Обозначение величины конусности	Конус Морзе	Конусность	D	D_1^{*2}	d^{*2}	d_1	l_1	$a_{\max}$	b	c
B10	1	$1 : 20,047 = 0,04988$	10,094	10,3	9,4	9,8	14,5	3,5	3,5	1,0
B12			12,065	12,2	11,1	11,5	18,5			
B16	2	$1 : 20,000 = 0,04985$	15,733	16,0	14,5	15	24,0	5,0	4,0	1,5
B18			17,780	18,0	16,2	16,8	32,0			
B22	3	$1 : 19,922 = 0,05020$	21,793	22,0	19,8	20,5	40,5		4,5	2,0
B24			23,825	24,1	21,3	22,0	50,5			

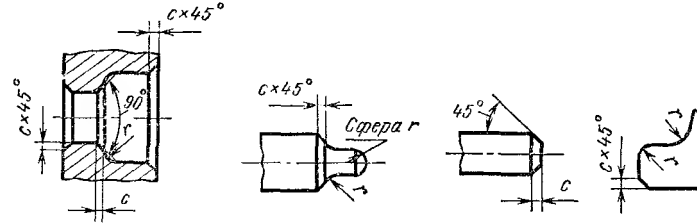
* z — максимально допустимое отклонение положения основной плоскости, в которой находится диаметр D , от ее теоретического положения.

*² Размеры D_1 и d являются теоретическими, определяемыми соответственно по диаметру D и номинальным размерам a и l_1 .

6. Конусы шпинделей и оправок с конусностью 7 : 24 по ГОСТ 15945—70
Размеры, мм

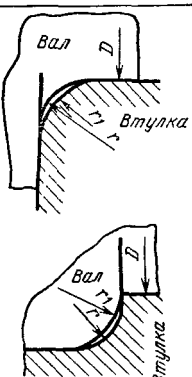
	Обозначение конусов	D	d	L (справочный)
	10	15,87	9,5	21,8
	15	19,05	11,2	26,9
	25	25,40	13,8	39,8
	30	31,75	17,4	49,2
	35	38,1	21,4	57,2
	40	44,45	25,3	65,6
	45	57,15	32,4	84,8
	50	69,85	39,6	103,7
	55	88,90	50,5	131,6
	60	107,95	60,2	163,7
	65	133,35	75,0	200,0
	70	165,10	92,9	247,5
	75	203,20	114,3	304,8

7. Радиусы закруглений и фаски, мм

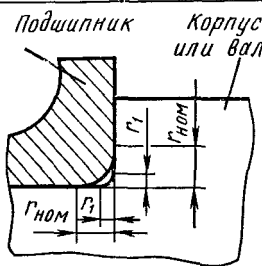


1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд
0,1	0,2	2,5	2,0	25	20
0,4	0,3	4,0	3,0	40	32
0,6	0,5	6,0	5,0	60	50
1,0	0,8	10	8,0	100	80
1,6	1,2	16	12	160	125

8. Радиусы закруглений сопряженных валов и втулок, мм



D	r	r_1
10—18	0,6	1
20—28	1,6	2
30—46	2,0	2,5
48—68	2,5	3
70—100	3	4
105—150	4	5
155—200	5	6
210—250	6	8

9. Галтели * вала и корпуса под шарико- и роликоподшипники
Размеры, мм


$r_{ном}$	r_1	$r_{ном}$	r_1
0,2	0,1	2	1
0,3	0,2	2,5	1,5
0,4	0,2	3	2
0,5	0,3	3,5	2
1	0,6	4	2,5
1,5	1	5	3

* В таблице приведен наибольший размер галтели.

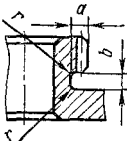
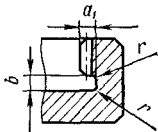
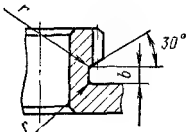
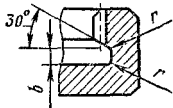
10. Канавки для посадки подшипников качения

Размеры, мм

	$r_{\text{ном}}$	b	$r_{\text{ном}}$	b
	0,2—0,8	2	2,5—3,5	4,0—6,0
	1,0—2,0	3	5	8

11. Канавки для выхода долбяков

Размеры, мм

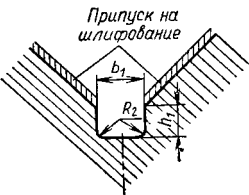
Исполнение 1				Исполнение 2				
Наружное зацепление		Внутреннее зацепление		Наружное зацепление		Внутреннее зацепление		
								
Модуль	b_{min}						$a = a_1$ (min)	r
	Исполнение 1			Исполнение 2				
	при прямых зубьях	при косых зубьях		при прямых зубьях	при косых зубьях			
		$\beta = 15^\circ$	$\beta = 23^\circ$		$\beta = 15^\circ$	$\beta = 23^\circ$		
1 1,25—1,5 1,75—2 2,25	5	6	7	— — — 10	— — — 13	— — — 14	3 4 5 6	0,5
2,5 2,75—3 3,25 3,5—4	6	7	8	10	13	14	6,5 7,5 9 10,5	0,5 0,5 1,0 1,0
4,25—4,5 5	7	8	9				12 13	1,0
5,5 6 6,5	8	9	10				15 16 18	

Продолжение табл. 11

Модуль	$b_{\min}$						$a = a_1$ ($\min$)	r
	Исполнение 1			Исполнение 2				
	при прямых зубьях	при косых зубьях		при прямых зубьях	при косых зубьях			
		$\beta = 15^\circ$	$\beta = 23^\circ$		$\beta = 15^\circ$	$\beta = 23^\circ$		
7 8 9	9	10	11	10	13	14	18 20 22,5	1,0
10 11 12	10	12	13	12	15	16	25 28 30	1,6

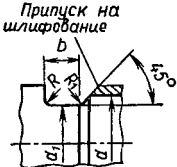
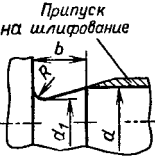
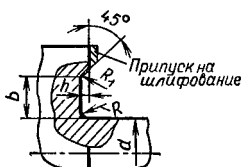
12. Канавки для выхода шлифовального круга при плоском шлифовании по ГОСТ 8820—69

Размеры, мм

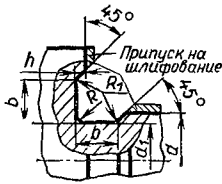
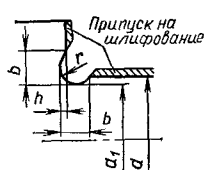
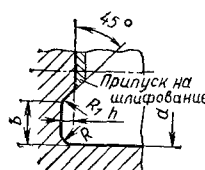
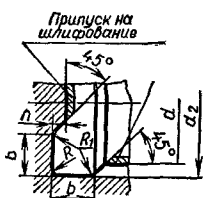
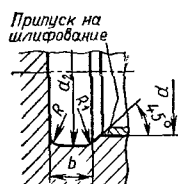
	b_1	h_1	R_2
	2	1,6	0,5
	3	2	1,0
	5	3	1,6

13. Канавки для выхода шлифовального круга при круглом шлифовании по ГОСТ 8820—69

Размеры, мм

Шлифование по наружному цилиндру		Шлифование по наружному торцу
Исполнение 1	Исполнение 2	
		

Продолжение табл. 13

Шлифование по наружному цилиндру и торцу Исполнение 1		Шлифование по наружному цилиндру и торцу Исполнение 2		Шлифование по внутреннему цилиндру и торцу		
						
Шлифование по внутреннему цилиндру и торцу		Шлифование по внутреннему цилиндру и торцу				
						
b	d ₁ при наружном шлифовании	d ₂ при внутреннем шлифовании	h	R	R ₁	d
1,6	d - 0,3	d + 0,3	0,2	0,3 0,5	0,2 0,3	До 10
2 3	d - 0,5	d + 0,5	0,3	0,5 1,0	0,3 0,5	До 10 Св. 10 до 50
5 8 10	d - 1	d + 1	0,5	1,6 2,0 3,0	0,5 1 1	Св. 50 до 100 » 100 » 100

СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Различают разъемные и неразъемные соединения деталей машин. *Разъемными* называют соединения, допускающие разборку деталей машин без разрушения соединяемых или соединяющих элементов; к ним относятся резьбовые, штифтовые, шпоночные, шлицевые, клиновые соединения и др.

Неразъемными называют соединения, которые можно разобрать только после их полного или частичного разрушения; к ним отно-

сятся заклепочные и сварные соединения, соединения пайкой, склеиванием и др.

Соединения с *гарантированным натягом*, в которых до сборки размер отверстия меньше размера вала, занимают промежуточное положение между разъемными и неразъемными; они могут быть разобраны, но в большинстве случаев сопрягаемые поверхности оказываются поврежденными, что снижает надежность соединения при повторной сборке.

РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Резьбовыми называют соединения, в которых сопряженные детали соединены при помощи резьбы или резьбовых крепежных деталей (болтов, винтов, шпилек, гаек и др.). Указанные соединения являются наиболее распространенным видом разъемных соединений. Резьбовые соединения используют также для преобразования движения, например, в ходовых и грузовых винтах.

Основным элементом соединения является резьба с соответствующим профилем, устанавливаемым стандартом. Резьба получается образованием на цилиндрическом или коническом стержне канавок с поперечным профилем (в виде треугольника, трапеции и т. д.), каждая точка которого располагается на винтовой линии. *Витком резьбы* называется та часть выступа ее, которая охватывает резьбовую деталь в пределах до 360° .

Основные элементы метрической резьбы по СТ СЭВ 180—75 приведены на рис. 2.

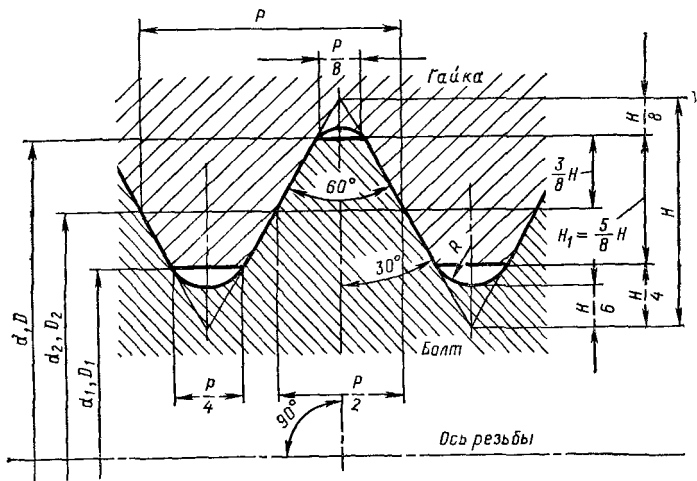


Рис. 2. Основные элементы метрической резьбы по СТ СЭВ 180—75: d — наружный диаметр наружной резьбы (болта); D — наружный диаметр внутренней резьбы (гайки); d_1 — внутренний диаметр болта; D_2 — внутренний диаметр гайки; d_2 — средний диаметр болта; D_2 — средний диаметр гайки; H — высота исходного треугольника; P — шаг резьбы; R — номинальный радиус закругления впадины болта; H_1 — рабочая высота профиля

По форме основные поверхности, на которых нарезают резьбу, подразделяют на *цилиндрические* и *конические*, причем последние используют в тех случаях, когда требуется герметичность.

По направлению резьбы бывают правые, если при вращении по часовой стрелке гайка будет навинчиваться, и левые, если при том же направлении вращения она будет свинчиваться.

По профилю резьбы делят на *треугольные* (рис. 3 а); *трапецеидальные симметричные* (рис. 3, б); *трапецеидальные несимметричные* или *упорные* (рис. 3, в); *прямоугольные* (рис. 3, г); *круглые* (рис. 3, д).

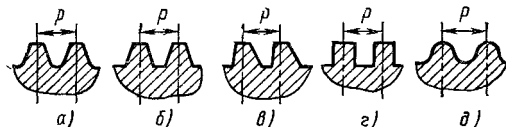


Рис. 3. Профили резьбы

Основными крепежными деталями резьбовых соединений являются болты, винты, шпильки, гайки, шайбы и стопорные устройства, предохраняющие гайки от самоотвинчивания.

Болт — цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом (рис. 4, а). Болты используют в комплекте с гайкой; при этом нарезать резьбу в соединяемых деталях не требуется.

Винт — цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом, которой он ввертывается в резьбовое отверстие одной из скрепляемых деталей (рис. 4, б); иногда винт может не иметь головки.

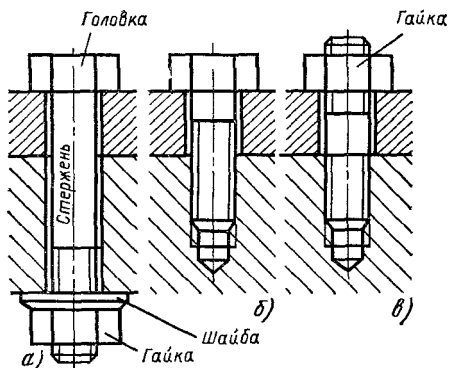


Рис. 4. Крепежные детали:
а — болт; б — винт; в — шпилька

Шпилька — цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах, причем одним концом она ввертывается в одну из скрепляемых деталей, а на другой конец ее навертывается гайка (рис. 4, в).

Гайка — деталь с резьбовым отверстием, навертываемая на болт или шпильку и служащая для соединения скрепляемых при помощи болта или шпильки деталей соединения (рис. 4, а, в).

Шайбы — кольца, подкладываемые под гайку, а также головку винта или болта для предохранения поверхности детали от задира при затягивании гайки, для увеличения опорной поверхности и в некоторых случаях для стопорения (см. рис. 4).

Резьбы. Резьбы делят на цилиндрические и конические.

Цилиндрические резьбы подразделяют на метрические и специальные. К специальным относят дюймовую трубную, трапецеидальную, упорную и др.

Метрическую резьбу широко используют для большинства резьбовых соединений как крепежную, а также для точных винтовых пар измерительных инструментов. Угол профиля метрической резьбы $\alpha = 60^\circ$ регламентирован СТ СЭВ 180—75. Стандартом предусмотрена резьба с крупным и мелким шагом. Резьбу с крупным шагом обозначают буквой М (метрическая); при этом указывают значение наружного диаметра, например М24, М30 и т. д. Для резьб с мелким шагом, кроме того, указывают шаг, например М24×1,5, М30×2 и т. д.

Номинальные диаметры и шаги метрических резьб определены СТ СЭВ 181—75 (табл. 14). Для приборостроения в том случае, когда диаметры и шаги резьб по СТ СЭВ 181—75 не могут удовлетворить функциональным и конструктивным требованиям, допускается применять метрическую резьбу по СТ СЭВ 183—75.

В табл. 15 приведены основные размеры метрической резьбы по СТ СЭВ 182—75. Для приборостроения основные размеры регламентированы СТ СЭВ 184—75 (для резьб с диаметрами и шагами по СТ СЭВ 183—75). Длина свинчивания метрических резьб по СТ СЭВ 640—77 дана в табл. 16.

Трубную цилиндрическую резьбу по СТ СЭВ 1157—78 (табл. 17) используют в цилиндрических резьбовых соединениях, а также в соединениях внутренней цилиндрической резьбы с наружной конической резьбой по СТ СЭВ 1159—78. Угол профиля трубной резьбы $\alpha = 55^\circ$; трубная резьба измеряется в дюймах.

14. Ряды номинальных диаметров и шаги метрической резьбы (мм)
по СТ СЭВ 181—75

Номинальный диаметр d	Шаг P	
	Крупный	Мелкий
1-й ряд		
0,25	0,075	—
0,30	0,080	—
0,40	0,100	—
0,50	0,125	—
0,60	0,150	—
0,80	0,200	—
1; 1,2	0,25	0,2
1,6	0,35	0,2
2,0	0,40	0,25
2,5	0,45	0,35
3,0	0,50	0,35

Продолжение табл. 14

Номинальный диаметр d	Шаг P	
	Крупный	Мелкий
4,0	0,70	0,50
5	0,8	0,50
6	1	0,75; 0,5
8	1,25	1; 0,75; 0,5
10	1,5	1,25; 1; 0,75; 0,5
12	1,75	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
16	2	1,5; 1; 0,75; 0,5
20	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
24	3	2; 1,5; 1; 0,75
30	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75
36	4	3; 2; 1,5; 1
42	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
48	5	(4); 3; 2; 1,5; 1
56	5,5	4; 3; 2; 1,5; 1
64	6	4; 3; 2; 1,5; 1
72; 80	—	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
90; 100; 110; 125; 140	—	6; 4; 3; 2; 1,5
160; 180; 200	—	6; 4; 3; 2
220; 250; 280	—	6; 4; 3
320; 360; 400	—	6; 4
450; 500; 550; 600	—	6
2-й ряд		
0,35	0,09	—
0,45	0,10	—
0,55	0,125	—
0,7	0,175	—
0,9	0,225	—
1,1	0,25	0,2
1,4	0,3	0,2
1,8	0,35	0,2
2,2	0,45	0,25
3,5	(0,6)	0,35
14	2	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
18; 22	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
27	3	2; 1,5; 1; 0,75
33	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75
39	4	(3); 2; 1,5; 1
45	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
52	5	(4); 3; 2; 1,5; 1
60	(5,5)	4; 3; 2; 1,5; 1
68	6	4; 3; 2; 1,5; 1
76	—	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
85; 95; 105; 115; 120; 130; 150	—	6; 4; 3; 2; 1,5
170; 190	—	6; 4; 3; 2
210; 240; 260; 300	—	6; 4; 3
340; 380	—	6; 4
420; 480; 520; 580	—	6
3-й ряд		
(5,5)	—	0,5
7	1	0,75; 0,5
9	(1,25)	1; 0,75; 0,5
11	(1,5)	1; 0,75; 0,5
15; 17	—	1,5; (1)
25	—	2; 1,5; (1)
(26); 35; (38)	—	1,5
(28)	—	2; 1,5; 1
(32)	—	2; 1,5
40; 50	—	(3); (2); 1,5
55; 58; 62; 65; 75	—	(4); (3); 2; 1,5

Продолжение табл. 14

Номинальный диаметр d	Шаг P	
	Крупный	Мелкий
70	—	(6); (4); (3); 2; 1,5
(78); (82)	—	2
135; 145	—	6; 4; 3; 2; 1
155; 165; 175; 185; 195	—	6; 4; 3; 2
215; 215; 225; 230; 235; 245; 255;	—	6; 4; 3
265; 270; 275; 285; 290; 295	—	6; 4
310; 330; 350; 370; 390	—	6
410; 430; 440; 460; 470; 490; 510;	—	
530; 540; 560; 570; 590		

Примечания: 1. При выборе диаметров резьб следует предпочитать ряд 1 ряду 2, ряд 2 ряду 3.
 2. Диаметры и шаги резьб, заключенные в скобки, по возможности не применять.
 3. Резьбу М14×1,25 применяют только для свечей зажигания, а резьбу М35×1,5 — только для стопорных гаек шарикоподшипников.

15. Основные размеры метрической резьбы (мм) по СТ СЭВ 182—75

Номинальный диаметр резьбы d	Шаг P	Диаметры резьбы			
		$d = D$	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	d_3
0,25	0,075	0,250	0,201	0,169	0,158
0,3	0,08	0,300	0,248	0,213	0,202
0,35	0,09	0,350	0,292	0,253	0,240
0,4	0,1	0,400	0,335	0,292	0,277
0,45		0,450	0,385	0,342	0,327
0,5	0,125	0,500	0,419	0,365	0,347
0,55		0,550	0,469	0,415	0,397
0,6	0,15	0,600	0,503	0,438	0,416
0,7	0,175	0,700	0,586	0,511	0,485
0,8	0,2	0,800	0,670	0,583	0,555
0,9	0,225	0,900	0,754	0,656	0,624

Продолжение табл. 15

Номинальный диаметр резьбы d	Шаг P	Диаметры резьбы			
		$d = D$	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	d_3
1.0	0,25	1,000	0,838	0,729	0,693
	0,2	1,000	0,870	0,783	0,755
1,1	0,25	1,000	0,938	0,829	0,793
	0,2	1,100	0,970	0,883	0,855
1.2	0,25	1,200	1,038	0,929	0,893
	0,2	1,200	1,070	0,983	0,955
1.4	0,3	1,400	1,205	1,075	1,032
	0,2	1,400	1,270	1,183	1,155
1.6	0,35	1,600	1,373	1,221	1,171
	0,2	1,600	1,470	1,383	1,355
1,8	0,35	1,800	1,573	1,421	1,371
	0,2	1,800	1,670	1,583	1,555
2	0,4	2,000	1,740	1,567	1,509
	0,25	2,000	1,838	1,729	1,693
2,2	0,45	2,200	1,908	1,713	1,648
	0,25	2,200	2,038	1,929	1,893
2,5	0,45	2,500	2,208	2,013	1,948
	0,35	2,500	2,273	2,121	2,071
3	0,5	3,000	2,675	2,459	2,387
	0,35	3,000	2,773	2,621	2,571
3,5	0,6	3,500	3,110	2,850	2,764
	0,35	3,500	3,273	3,121	3,071
4	0,7	4,000	3,545	3,242	3,141
	0,5	4,000	3,675	3,459	3,387
4,5	0,75	4,500	4,013	3,688	3,580
	0,5	4,500	4,175	3,959	3,887
5	0,8	5,000	4,480	4,134	4,019
	0,5	5,000	4,675	4,459	4,387
5,5	0,5	5,500	5,175	4,959	4,887

Продолжение табл. 15

Номинальный диаметр резьбы d'	Шар P	Диаметры резьбы			
		$d = D$	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	d_3
6	1	6,000	5,350	4,917	4,773
	0,75	6,000	5,513	5,188	5,080
	0,5	6,000	5,675	5,459	5,387
7	1	7,000	6,350	5,917	5,773
	0,75	7,000	6,513	6,188	6,080
	0,5	7,000	6,675	6,459	6,387
8	1,25	8,000	7,188	6,647	6,466
	1	8,000	7,350	6,917	6,773
	0,75	8,000	7,513	7,188	7,080
	0,5	8,000	7,675	7,459	7,387
9	1,25	9,000	8,188	7,647	7,466
	1	9,000	8,350	7,917	7,713
	0,75	9,000	8,513	8,188	8,080
	0,5	9,000	8,675	8,459	8,387
10	1,5	10,000	9,026	8,376	8,160
	1,25	10,000	9,188	8,647	8,466
	1	10,000	9,350	8,917	8,773
	0,75	10,000	9,513	9,188	9,080
	0,5	10,000	9,675	9,459	9,387
11	1,5	11,000	10,026	9,376	9,160
	1	11,000	10,350	9,917	9,773
	0,75	11,000	10,513	10,188	10,080
	0,5	11,000	10,675	10,459	10,387
12	1,75	12,000	10,863	10,106	9,853
	1,5	12,000	11,026	10,376	10,160
	1,25	12,000	11,188	10,647	10,466
	1	12,000	11,350	10,917	10,773
	0,75	12,000	11,513	11,188	11,080
	0,5	12,000	11,675	11,459	11,387
14	2	14,000	12,701	11,835	11,546
	1,5	14,000	13,086	12,376	12,160
	1,25	14,000	13,188	12,647	12,466
	1	14,000	13,350	12,917	12,773
	0,75	14,000	13,513	13,188	13,080
	0,5	14,000	13,675	13,459	13,387
15	1,5	15,000	14,026	13,376	13,160
	1	15,000	14,350	13,917	13,773
16	2,0	16,000	14,701	13,835	13,546
	1,5	16,000	15,026	14,376	14,160
	1	16,000	15,350	14,917	14,773
	0,75	16,000	15,513	15,188	15,080
	0,5	16,000	15,675	15,459	15,387

Продолжение табл. 15

Номинальный диаметр резьбы d	Шаг P	Диаметры резьбы			
		$d = D$	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	d_3
17	1,5 1	17,000	16,026	15,376	15,160
		17,000	16,350	15,917	15,773
18	2,5	18,000	16,376	15,294	14,933
	2	18,000	16,701	15,835	15,546
	1,5	18,000	17,026	16,376	16,160
	1	18,000	17,350	16,917	16,773
	0,75	18,000	17,513	17,188	17,080
	0,5	18,000	17,675	17,459	17,387
20	2,5	20,000	18,376	17,294	16,933
	2	20,000	18,701	17,835	17,546
	1,5	20,000	19,026	18,376	18,160
	1	20,000	19,350	18,917	18,773
	0,75	20,000	19,513	19,188	19,080
	0,5	20,000	19,675	19,459	19,387
22	2,5	22,000	20,376	19,294	18,933
	2	22,000	20,701	19,835	19,546
	1,5	22,000	21,026	20,376	20,160
	1	22,000	21,350	20,917	20,773
	0,75	22,000	21,513	21,188	21,080
	0,5	22,000	21,675	21,459	21,387
24	3	24,000	22,051	20,752	20,319
	2	24,000	22,701	21,835	21,546
	1,5	24,000	23,026	22,376	22,160
	1	24,000	23,350	22,917	22,773
	0,75	24,000	23,513	23,188	23,080
25	2	25,000	23,701	22,835	22,546
	1,5	25,000	24,026	23,376	23,160
	1	25,000	24,350	23,917	23,773
26	1,5	26,000	25,026	24,376	24,160
27	3	27,000	25,051	23,752	23,319
	2	27,000	25,701	24,835	24,546
	1,5	27,000	26,026	25,376	25,160
	1	27,000	26,350	25,917	25,773
	0,75	27,000	26,513	26,188	26,080
28	2	28,000	26,701	25,835	25,546
	1,5	28,000	27,026	26,376	26,160
	1	28,000	27,350	26,917	26,773
30	3,5	30,000	27,727	26,211	25,706
	3	30,000	28,051	26,752	26,319
	2	30,000	28,701	27,835	27,546
	1,5	30,000	29,026	28,376	28,160
	1	30,000	29,350	28,917	28,773
	0,75	30,000	29,513	29,188	29,080

Продолжение табл. 15

Номинальный диаметр резьбы d	Шаг P	Диаметры резьбы			
		$d = D$	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	d_3
32	2 1,5	32,000	30,701	29,835	29,546
		32,000	31,026	30,376	30,160
33	3,5	33,000	30,727	29,211	28,706
	3	33,000	31,051	29,752	29,319
	2	33,000	31,701	30,835	30,546
	1,5	33,000	32,026	31,376	31,160
	1	33,000	32,350	31,917	31,773
	0,75	33,000	32,513	32,188	32,080
35	1,5	35,000	34,026	33,376	33,160

Примечание. В СТ СЭВ 182—75 приведены размеры резьб для диаметров до 600 мм с шагом до 6 мм

16. Длина свинчивания метрических резьб по СТ СЭВ 640—77

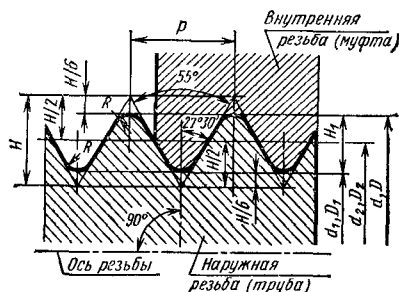
Размеры, мм

Номинальный диаметр резьбы d	Шаг P	Длина свинчивания		
		S , мм	N	L , мм
От 1 до 1,4	0,2	0,5	Св. 0,5 до 1,4	1,4
	0,25	0,6	» 0,6 » 1,7	1,7
	0,3	0,7	» 0,7 » 2	2,00
Св. 1,4 до 2,8	0,2	0,5	Св. 0,5 до 1,5	1,5
	0,25	0,6	» 0,6 » 1,9	1,9
	0,35	0,8	» 0,8 » 2,6	2,6
	0,4	1,0	» 1 » 3	3
	0,45	1,3	» 1,3 » 3,8	3,8
Св. 2,8 до 5,6	0,25	0,7	Св. 0,7 до 2,1	2,1
	0,35	1,0	» 1 » 3	3
	0,5	1,5	» 1,5 » 4,5	4,5
	0,6	1,7	» 1,7 » 5	5
	0,7	2	» 2 » 6	6
	0,75	2,2	» 2,2 » 6,7	6,7
	0,8	2,5	» 2,5 » 7,5	7,5
Св. 5,6 до 11,2	0,25	0,8	Св. 0,8 до 2,4	2,4
	0,35	1,1	» 1,1 » 3,4	3,4
	0,5	1,6	» 1,6 » 4,7	4,7
	0,75	2,4	» 2,4 » 7,1	7,1
	1,0	3	» 3 » 9	9
	1,25	4	» 4 » 12	12
	1,5	5	» 5 » 15	15

Продолжение табл. 16

Номинальный диаметр резьбы d	Шаг P	Длина свинчивания		
		S , мм	N	L , мм
Св. 11,2 до 22,4	0,35	1,3	Св. 1,3 до 3,8	3,8
	0,5	1,8	» 1,3 » 5,5	5,5
	0,75	2,8	» 2,8 » 8,3	8,3
	1	3,8	» 3,8 » 11	11
	1,25	4,5	» 4,5 » 13	13
	1,5	5,6	» 5,6 » 16	16
	1,75	6	» 6 » 18	18
	2	8	» 8 » 24	24
	2,5	10	» 10 » 30	30
Св. 24 до 45	0,5	2,1	Св. 2,1 до 6,3	6,3
	0,75	3,1	» 3,1 » 9,5	9,5
	1	4	» 4 » 12	12
	1,5	6,3	» 6,3 » 19	19
	2	8,5	» 8,5 » 25	25
	3	12	» 12 » 36	36
	3,5	15	» 15 » 45	45
	4	18	» 18 » 53	53
	4,5	21	» 21 » 63	63
Св. 45 до 90	0,5	2,4	Св. 2,4 до 7,1	7,1
	0,75	3,6	» 3,6 » 11	11
	1	4,8	» 4,8 » 14	14
	1,5	7,5	» 7,5 » 22	22
	2	9,5	» 9,5 » 28	28
	3	15	» 15 » 45	45
	4	19	» 19 » 56	56
	5	24	» 24 » 71	71
	5,5	28	» 28 » 85	85
	6	32	» 32 » 95	95
Св. 90 до 180	0,75	4,2	Св. 4,2 до 12	12
	1	5,6	» 5,6 » 16	16
	1,5	8,3	» 8,3 » 25	25
	2	12	» 12 » 36	36
	3	18	» 18 » 53	53
	4	24	» 24 » 71	71
	6	36	» 36 » 106	106
Св. 180 до 355	1,5	9,5	Св. 9,5 до 28	28
	2	13	» 13 » 38	38
	3	20	» 20 » 60	60
	4	26	» 26 » 80	80
	6	40	» 40 » 118	118
Св. 355 до 600	2	15	Св. 15 до 45	45
	4	29	» 29 » 87	87
	6	43	» 43 » 130	130

17. Размеры (мм) трубной цилиндрической резьбы по СТ СЭВ 1157—78



Обозначение резьбы, дюймы		Число шагов z на длине 25,4 мм	Шаг P	Диаметр резьбы		
1-й ряд	2-й ряд			наружный $d = D$	средний $d_2 = D_2$	внутренний $d_1 = D_1$
$\frac{1}{16}$ $\frac{1}{8}$	—	28	0,907	7,723 9,728	7,142 9,147	6,561 8,566
$\frac{1}{4}$ $\frac{3}{8}$	—	19	1,337	13,157 16,662	12,301 15,806	11,445 14,950
$\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ —	— $\frac{5}{8}$ — $\frac{7}{8}$	14	1,814	20,955 22,911 26,441 30,201	19,793 21,749 25,279 29,039	18,631 20,587 24,117 27,877
1 — $1\frac{1}{4}$	— $1\frac{1}{8}$ —	11	2,309	33,249 37,897 41,910	31,770 36,418 40,431	30,291 34,939 38,952
— $1\frac{1}{2}$ —	$1\frac{3}{8}$ — $1\frac{3}{4}$			41,323 47,803 53,746	42,844 46,324 52,267	41,365 44,845 50,788
2 — $2\frac{1}{2}$	— $2\frac{1}{4}$ —			59,614 65,710 75,184	58,135 64,231 73,705	56,656 62,752 72,226
— 3 —	$2\frac{3}{4}$ — $3\frac{1}{4}$			81,534 87,884 93,980	80,055 86,405 92,501	78,576 84,926 91,022
$3\frac{1}{2}$ — 4	— $3\frac{3}{4}$ —			100,330 106,680 113,030	98,851 105,201 111,551	97,372 103,722 110,072

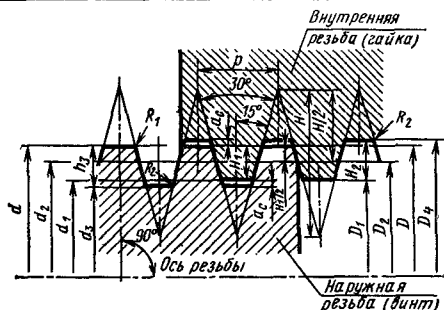
Продолжение табл. 17

Обозначение резьбы, дюймы		Число шагов z на длине 25,4 мм	Шаг P	Диаметр резьбы		
1-й ряд	2-й ряд			наружный $d = D$	средний $d_2 = D_2$	внутренний $d_1 = D_1$
—	4 1/2	11	2,309	125,730	121,251	122,772
5	—			138,430	136,951	135,472
—	5 1/2			151,130	149,651	148,172
6	—			163,830	162,351	160,872

Примечание. Числовые значения шагов определены из соотношения $P = 25,4/z$ с округлением до третьего знака после запятой и приняты в качестве исходных при расчете основных элементов профиля.

18. Номинальные профили наружной и внутренней трапецеидальной резьбы и их элементов по СТ СЭВ 146—78

Размеры, мм



Шаг P	a_c	h_s	$R_{1\max} = 0,5a_c$	$R_{2\max} = a_c$	Шаг P	a_c	h_s	$R_{1\max} = 0,5a_c$	$R_{2\max} = a_c$
1,5	0,15	0,9	0,075	0,15	16	1	9	0,5	1
2	0,25	1,25	0,125	0,25	18	1	10	0,5	1
3	0,25	1,75	0,125	0,25	20	1	11	0,5	1
4	0,25	2,25	0,125	0,25	22	1	12	0,5	1
6	0,25	2,75	0,125	0,25	24	1	13	0,5	1
7	0,5	3,5	0,25	0,5	25	1	15	0,5	1
7	0,5	4	0,25	0,5	32	1	17	0,5	1
8	0,5	4,5	0,25	0,5	36	1	19	0,5	1
9	0,5	5	0,25	0,5	34	1	21	0,5	1
10	0,5	5,5	0,25	0,5	44	1	23	0,5	1
12	0,5	6,5	0,25	0,5	48	1	25	0,5	1
14	1	8	0,5	1	—	—	—	—	—

Трапецидальную симметричную резьбу используют для механизмов, передающих усилие в обоих направлениях, например, в ходовых винтах, винтах суппортов и др. Угол профиля трапецидальной резьбы $\alpha = 30^\circ$. СТ СЭВ 146—78 устанавливает профиль трапецидальной резьбы и размеры ее элементов (табл. 18). В табл. 19 приведены шаги и диаметры трапецидальных однозаходных резьб по СТ СЭВ 639—77. При выборе диаметров ряд 1 следует предпочитать ряду 2. Однозаходные трапецидальные резьбы обозначают буквами *Tr*, в обозначении указывают также номинальный диаметр и шаг (например, *Tr* 40×6). Для левой резьбы после условного обозначения ставят буквы *LH* (например, *Tr* 40×6 *LH*). Основные размеры трапецидальной однозаходной резьбы регламентированы СТ СЭВ 838—78 (табл. 20).

СТ СЭВ 185—79 распространяется на многозаходные трапецидальные резьбы общего применения и устанавливает основные размеры и допуски для резьбы с диаметрами от 10 до 320 мм и углом профиля 30° по СТ СЭВ 146—78. Для многозаходной резьбы

$$P_h = Pn,$$

где P_h — ход резьбы; P — шаг резьбы; n — число заходов. Многозаходные трапецидальные резьбы обозначают буквами *Tr*; в обозначении указывают также номинальный диаметр резьбы, числовое значение хода n в скобках числовое значение шага, например, *Tr* 20×4 (P2). Для левой резьбы за условным обозначением ставят буквы *LH*.

19. Диаметры и шаги (мм) трапецидальных однозаходных резьб по СТ СЭВ 639—77

Номинальные диаметры резьбы d		Шаг P	Номинальные диаметры резьбы d		Шаг P
Ряд 1	Ряд 2		Ряд 1	Ряд 2	
8	—	$\overline{1.5}; 2^*$	28	—	$2^*; 3; \overline{5} \quad 8$
—	9	$1.5; \overline{2}$	—	30	$3; \overline{6} \quad 10$
10	—	$1.5; \overline{2}$	32	—	$3; \overline{6} \quad 10$
—	11	$\overline{2}; 3$	—	34	$3; \overline{6} \quad 10$
12	—	$2; \overline{3}$	36	—	$3; \overline{6} \quad 10$
—	14	$2; \overline{3}$	—	38	$6^*; \overline{7} \quad 10$
16	—	$2; \overline{4}$	40	—	$3; 6^*; \overline{7} \quad 10$
—	18	$2; \overline{4}$	—	42	$3; 6^*; \overline{7} \quad 10$
20	—	$2; \overline{4}$	44	—	$3; \overline{7} \quad 8; 12$
—	22	$2^*; 3; \overline{5} \quad 8$	—	46	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 3; \overline{8} \quad 12$
24	—	$2^*; 3; \overline{5} \quad 8$	48	—	
—	26	$2^*; 3; \overline{5} \quad 8$	—	50	

Продолжение табл. 19

Номинальные диаметры резьбы d		Шаг P	Номинальные диаметры резьбы d		Шаг P
Ряд 1	Ряд 2		Ряд 1	Ряд 2	
52	—	3; $\overline{8}$; 12	—	95	4; 5*; $\overline{12}$ 18; 20*
—	55	8*; $\overline{9}$ 12*; 14	100	—	4; 5*; $\overline{12}$ 20
60	—	8*; $\overline{9}$ 12*; 14	—	100	4; 5*; $\overline{12}$ 20
—	65	} 4; $\overline{10}$; 16	120	—	6; 14; 16*; 22; 24*
70	—		—	130	6; 14; 16*; 22; 24*
—	75		140	—	6; 14; 16*; 24
80	—	4; $\overline{10}$ 16	—	150	6; 16; 24
—	85	4; 5*; $\overline{12}$ 18; 20*	160	—	6; 8*; 16; 24*; 28
90	—	4; 5*; $\overline{12}$ 18; 20*	—	170	6; 8*; 16; 24*; 28

Примечания. 1. В стандарте приведены диаметры резьб до 640 мм и шаги до 48 мм.
 2. Шаги, заключенные в рамки, являются предпочтительными при разработке новых конструкций.
 3. Шаги, обозначенные звездочкой, не следует применять при разработке новых конструкций.

20. Основные размеры (мм) трапецидальной однозаходной резьбы по СТ СЭВ 838—78

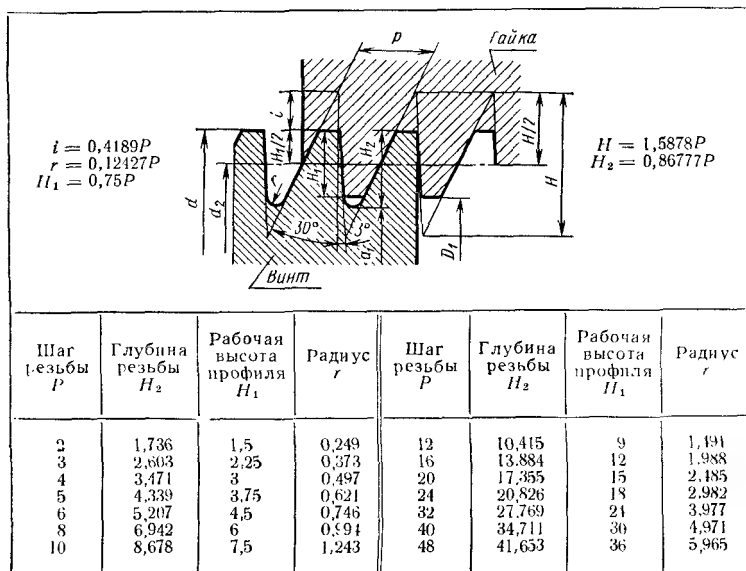
Номинальный диаметр резьбы d	Шаг P	Диаметр резьбы				
		наружный		средний	внутренний	
		d	D_4	$d_2 = D_2$	d_3	D_1
8	1,5 2	8 8	8,3 8,5	7,25 7	6,2 5,5	6,5 6
9	1,5 2	9 9	9,3 9,5	8,25 8	7,2 6,5	7,5 7
10	1,5 2	10 10	10,3 10,5	9,25 9	8,2 7,5	8,5 8
11	2 3	11 11	11,5 11,5	10 9,5	8,5 9,5	9 8
12	2 3	12 13	12,5 12,5	11,0 10,5	9,5 8,5	10 9
14	2 3	14 14	14,5 14,5	13 12	11,5 10,5	12 11

Продолжение табл. 20

Номинальный диаметр резьбы d	Шаг P	Диаметр резьбы				
		наружный		средний	внутренний	
		d	D_1	$d_2 = D_2$	d_3	D_1
16	2	16	16,5	15	13,5	14
	4	16	16,7	14	11,5	12
18	2	18	18,5	17	15,5	16
	4	18	18,5	16	13,5	14
20	2	20	20,5	19	17,5	18
	4	20	20,5	18	15,5	16
22	2	22	22,5	21	19,5	20
	3	22	22,5	20,5	18,5	19
	5	22	22,5	19,5	16,5	17
	8	22	23	18	13	14
24	2	24	24,5	23	21,5	22
	3	24	24,5	22,5	20	21
	5	24	24,5	21,5	18,5	19
	8	24	25	20	15	16
26	2	26	26,5	25	23,5	24
	3	26	26,5	24,5	22,5	23
	5	26	26,5	23,5	20,5	21
	8	26	27	22	17	18
28	2	28	28,5	27	24,5	26
	3	28	28,5	26	24,5	25
	5	28	28,5	25,5	22,5	23
	8	28	29	24	19	20
30	3	30	30,5	28,5	26	27
	6	30	31	27	23	24
	10	30	31	25	19	20
32	3	32	32,5	30,5	28,5	29
	6	32	33	29	25	26
	10	32	33	27	21	22
34	3	34	34,5	32,5	30	31
	6	34	35	31	27	28
	10	34	35	29	23	24
36	3	36	36,5	34	32,5	33
	6	36	37	33	29	30
	10	36	37	31	25	26
38	3	38	38,5	36,5	34,5	35
	6	38	39	35,5	31	32
	7	38	39	34,5	30	31
	10	38	39	33	27	28
40	3	40	40,5	38,5	36,5	34
	6	40	41	37	33	34
	7	40	41	36	32	33
	10	40	41	35	29	30

Примечание. В стандарте приведены размеры резьбы диаметром d до 640 мм.

21. Профиль и основные размеры упорной резьбы (мм) по ГОСТ 10177—62



Упорную или трапецидальную несимметричную резьбу используют при больших односторонних осевых нагрузках (в прессах, домкратах и т. п.). Профиль резьбы неравнобочный с углом наклона рабочей поверхности 3° , задний угол профиля 30° . В табл. 21 даны профиль и основные размеры упорной резьбы по ГОСТ 10177—62 для диаметров от 10 до 600 мм.

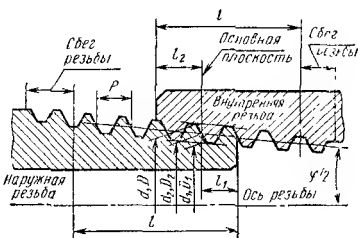
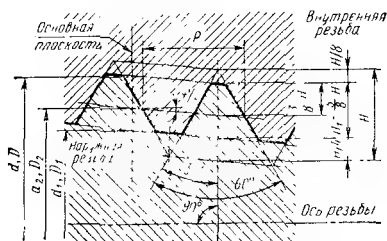
Конические резьбы. В табл. 22 приведены диаметры, шаги и основные размеры метрической конической резьбы с конусностью 1:16 по СТ СЭВ 304—76, применяемой для конических резьбовых соединений, а также в соединениях наружной конической резьбы с внутренней цилиндрической резьбой с номинальным профилем по СТ СЭВ 180—75. При выборе диаметров резьбы 1-й ряд следует предпочитать 2-му ряду. Коническую резьбу обозначают буквами МК, внутреннюю цилиндрическую М; в обозначении указывают также номинальный диаметр, шаг и номер стандарта; для левой резьбы после обозначения шага ставят буквы ЛН. Соединение внутренней цилиндрической с наружной конической резьбой обозначают дробью М/МК, номинальным диаметром, шагом и номером стандарта, например М/МК20×1,5 СТ СЭВ...

В табл. 23 приведены размеры конической дюймовой резьбы по ГОСТ 6111—52* с углом профиля 60° . Стандарт распространяется на резьбовые соединения топливных, масляных, водяных и воздушных трубопроводов машин и станков. Шаг резьбы измеряют параллельно оси резьбы. Биссектриса угла профиля перпендикулярна оси резьбы. В табл. 24 приведены размеры трубной конической

резьбы по СТ СЭВ 1159—78 с конусностью 1:16, применяемой в конических резьбовых соединениях, а также в соединениях наружной конической резьбы с внутренней цилиндрической с профилем по СТ СЭВ 1157—78.

22. Метрическая коническая резьба с конусностью 1 : 16 по СТ СЭВ 304—76

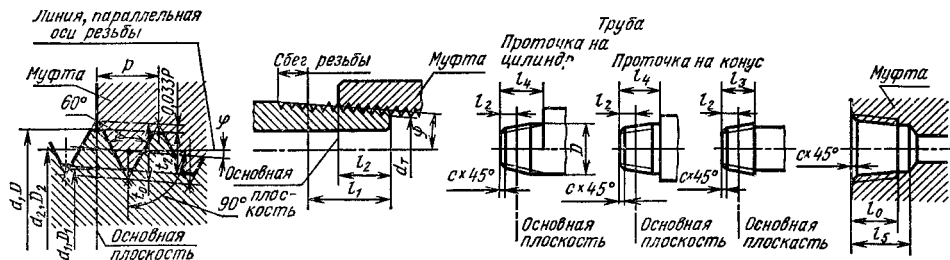
Размеры, мм



Номинальный диаметр резьбы d		P	Диаметр резьбы в основной плоскости			Длина резьбы		
1-й ряд	2-й ряд		$d = D$	$d_2 = D_2$	$d_1 = D_1$	l	l_1	l_2
6	—	1,0	6,000	5,350	4,917	8	2,5	3
8	—		8,000	7,350	6,917			
10	—		10,000	9,350	8,917			
12	—	1,5	12,000	11,026	10,376	11	3,5	4
—	14		14,000	13,026	12,376			
16	—		16,000	15,026	14,376			
—	18		18,000	17,026	16,376			
20	—		20,000	19,026	18,376			
—	22		22,000	21,026	20,376			
24	—		24,000	23,026	22,376			
—	27	2,0	27,000	25,701	24,835	16	5,0	6
30	—		30,000	28,701	27,835			
—	33		33,000	31,701	30,835			
36	—		36,000	34,701	33,835			
—	39		39,000	37,701	36,835			
42	—		42,000	40,701	39,835			
—	45		45,000	43,701	42,835			
48	—		48,000	46,701	45,835			
—	52	2,5	52,000	50,701	49,835	20	6,0	7
56	—		56,000	54,701	53,835			
—	60		60,000	58,701	57,835			

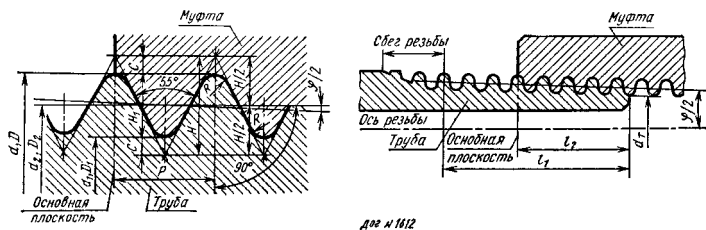
Примечание. l — рабочая длина резьбы; l_1 — длина наружной резьбы от торца до основной плоскости; l_2 — длина внутренней резьбы от торца до основной плоскости; ϕ — угол конуса; $\phi/2$ — угол уклона.

23. Размеры (мм) конической дюймовой резьбы с углом профиля 60° по ГОСТ 6111—52 *



Размер резьбы, дюймы	Число нитек на 1"	Шаг резьбы <i>P</i>	Длина резьбы		Диаметр резьбы в основной плоскости			Внутренний диаметр резьбы у торца трубы <i>d_T</i>	Рабочая высота витка <i>l₂</i>	Труба				Муфта		
			рабочая <i>l₁</i>	от торца трубы до основной плоскости <i>l₂</i>	средний <i>d₂, D₂</i>	наружный <i>d, D</i>	внутренний <i>d₁, D₁</i>			<i>l₃</i>	<i>l₄</i> , не менее	<i>c</i>	<i>D</i>	<i>l₅</i>	<i>l₀</i> (включая сбег)	<i>d</i>
для оправок																
$\frac{1}{16}$	27	0,941	6,5	4,064	7,142	7,895	6,389	6,135	0,753	8	10,5	1	8,05	13	10	6,3
$\frac{1}{8}$	27	0,941	7,0	4,572	9,519	10,272	8,766	8,480	0,753	8,5	11,0	1	10,42	14	11	8,7
$\frac{1}{4}$	18	1,411	9,5	5,080	12,443	13,572	11,314	10,977	1,129	12	15,5	1,5	13,85	20	15	11,2
$\frac{3}{8}$	18	1,411	10,5	6,096	15,926	17,055	14,797	14,416	1,129	13	16,5	1,5	17,33	21	16	14,7
$\frac{1}{2}$	14	1,814	13,5	8,128	19,772	21,223	18,321	17,813	1,451	16,5	21,0	1,5	21,56	26,5	21	18,25
$\frac{3}{4}$	14	1,814	14,0	8,611	25,117	26,568	23,666	23,128	1,451	17	21,5	1,5	26,91	26,5	21	23,5
1	11 $\frac{1}{2}$	2,209	17,5	10,160	31,461	33,228	29,694	29,059	1,767	21,5	26,5	2,0	33,69	33,5	26	29,6
1 $\frac{1}{4}$	11 $\frac{1}{2}$	2,209	18,0	10,668	40,218	41,985	38,451	37,784	1,767	22	27,0	2,0	42,44	34,5	27	38,5
1 $\frac{1}{2}$	11 $\frac{1}{2}$	2,209	18,5	10,668	46,287	48,054	44,520	44,853	1,767	22,5	27,5	2,0	48,54	34,5	27	44,5

24. Размеры (мм) трубной конической резьбы по СТ СЭВ 1159—78



Номинальный размер резьбы, дюймы	Число шагов z на длине 2,4 мм	Шаг резьбы P	Длина резьбы		Диаметр резьбы в основной плоскости		
			рабочая l_1	от торца резьбы до основной плоскости l_2	средний $d_2 = D_2$	наруж- ный $d = D$	внутрен- ний $d_1 = D_1$
$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$	28	0,907	6,5	4	7,142 9,147	7,723 9,728	6,561 8,566
$\frac{1}{4}$ $\frac{3}{8}$	19	1,337	9,7 10,1	6 6,4	12,301 15,806	13,157 16,662	11,445 14,950
$\frac{1}{2}$ $\frac{3}{4}$	14	1,814	13,2 14,5	8,2 9,5	19,793 25,279	20,955 26,441	18,631 24,117
1 $\frac{1 1}{4}$ $\frac{1 1}{2}$ 2 $2 \frac{1}{2}$ 3 $3 \frac{1}{2}$ 4 5 6	11	2,309	16,8 19,1 19,1 23,4 26,7 29,8 31,4 35,8 40,1 40,1	10,4 12,7 12,7 15,9 17,5 20,6 22,2 25,4 28,6 28,6	31,770 40,431 46,324 58,135 73,705 86,405 98,851 111,551 136,951 162,351	33,249 41,910 47,803 59,614 75,184 87,884 100,330 113,030 138,430 163,830	30,291 38,952 44,803 56,656 72,226 84,926 97,372 110,072 135,472 160,872

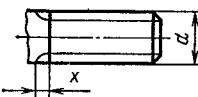
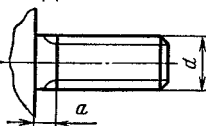
Примечание. Числовые значения шагов определены из соотношения $P = 25,4/z$ с округлением до третьего знака после запятой и приняты в качестве исходных при расчете основных элементов профиля.

Выход резьбы и отверстия. В табл. 25 и 27 приведены размеры сбегов и недорезов соответственно для наружной и внутренней метрической резьбы по СТ СЭВ 214—75; в табл. 26 и 28 — размеры проточек соответственно для наружной и внутренней метрической резьбы по СТ СЭВ 214—75; в табл. 29 даны размеры сбегов, недорезов, проточек и фасок для конической дюймовой резьбы с углом профиля 60° по ГОСТ 6111—52*.

ГОСТ 11284—75 устанавливает размеры сквозных отверстий под болты, винты, шпильки и заклепки с диаметрами стержней от 1 до 160 мм, применяемых для соединения деталей с зазорами (табл. 30). В табл. 31 приведены рекомендации по выбору рядов сквозных отверстий по ГОСТ 11284—75. При независимой обработке отверстий каждой детали соединения с расстоянием между осями наиболее удаленных отверстий менее 500 мм для соединений, к которым предъявляются лишь требования собираемости, ряды отверстий рекомендуется выбирать по табл. 31. Для соединений, к которым предъявляются требования собираемости и дополнительные требования обеспечения определенной степени относительного перемещения деталей, а также для соединений, к которым предъявляются лишь требования собираемости, но с расстояниями между осями наиболее удаленных отверстий в деталях 500 мм и более, допускается принимать более грубые (по сравнению с рекомендуемыми в табл. 31) ряды сквозных отверстий. При совместной обработке отверстий в деталях соединения (для заклепочных и неразбираемых болтовых соединений) номинальный диаметр сквозного отверстия рекомендуется принимать равным наибольшему предельному размеру диаметра стержня крепежной детали; при этом отверстия должны быть раззенкованы на размер, соответствующий переходному радиусу между головкой и стержнем.

В табл. 32 приведены отверстия под установочные винты по ГОСТ 12415—66; в табл. 33 — центровые отверстия с углом конуса 60°; в табл. 34 — центровые отверстия с метрической резьбой.

25. Размеры (мм) сбегов и недорезов для наружной метрической резьбы по СТ СЭВ 214—75

При нарезании резьбы						
 При нарезании резьбы  При накатывании резьбы						
Шаг резьбы P	Номи- нальный диаметр резьбы d	Сбег $x_{\max}$		Недорез $a_{\max}$		
		нормаль- ный $\approx 2,5P$	короткий $\approx 1,5P$	нормаль- ный $\approx 3P$	короткий $\approx 2P$	длинный $\approx 4P$
0,20	—	0,5	0,25	0,6	0,4	—
0,25	1; 1,1; 1,2	0,6	0,3	0,75	0,5	—
0,30	1,4	0,75	0,4	0,9	0,6	—
0,35	1,6	0,9	0,45	1,05	0,7	—
0,40	2	1	0,5	1,2	0,8	—
0,45	2,5	1,1	0,6	1,35	0,9	—

Продолжение табл. 25

Шаг резьбы P	Номи- нальный диаметр резьбы d	Сбег $x_{\max}$		Недорез $a_{\max}$		
		нормаль- ный $\approx 2,5P$	короткий $\approx 1,5P$	нормаль- ный $\approx 3P$	короткий $\approx 2P$	длинный $\approx 4P$
0,50	3	1,25	0,7	1,5	1,0	—
0,60	3,5	1,5	0,75	1,8	1,2	—
0,70	4	1,75	0,9	2,1	1,4	—
0,75	4,5	1,9	1	2,25	1,5	—
0,80	5	2,0	1	2,4	1,6	3,2
1,00	6	2,5	1,25	3	2	4
1,25	8	3,2	1,6	4	2,5	5
1,50	10	3,8	1,9	4,5	3	6
1,75	12	4,3	2,2	5,3	3,5	7
2,00	14; 16	5	2,5	6	4	8
2,50	18; 20; 22	6,3	3,2	7,5	5	10
3,00	24; 27	7,5	3,8	9	6	12
3,50	30; 33	9	4,5	10,5	7	14
4,00	36; 39	10	5	12	8	16
4,50	42; 45	11	5,5	13	9	18
5,00	48; 52	12	6,3	15	10	20
5,50	56; 60	14	7	16,5	11	22
6,00	64; 68	15	7,5	18,5	12	24

26 Размеры (мм) проточек для наружной метрической резьбы по СТ СЭВ 214—75

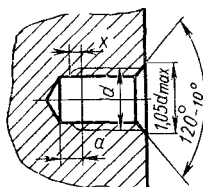
Проточка

Шаг резьбы P	Номи- нальный диаметр резьбы d	нормаль- ная	узкая	нормаль- ная	узкая	d_f	$R \approx 0,5P$		
		$f_{1\min}$		$f_{2\max}$					
0,2	—	0,45	0,25	0,7	0,5	$d - 0,3$	0,1		
0,25	1; 1,1; 1,2	0,55	0,25	0,9	0,6	$d - 0,4$	0,12		
0,30	1,4	0,6	0,3	1,05	0,75	$d - 0,5$	0,15		
0,35	1,6	0,7	0,4	1,2	0,9	$d - 0,6$	0,17		
0,40	2	0,8	0,5	1,4	1	$d - 0,7$	0,2		
0,45	2,5	1	0,5	1,6	1,1	$d - 0,7$	0,22		
0,50	3	1,1	0,5	1,75	1,25	$d - 0,8$	0,25		
0,60	3,5	1,2	0,6	2,1	1,5	$d - 1$	0,3		
0,70	4	1,5	0,8	2,45	1,75	$d - 1,1$	0,35		
0,75	4,5	1,6	0,9	2,6	1,9	$d - 1,2$	0,4		
0,80	5	1,7	0,9	2,8	2	$d - 1,3$	0,4		
1,00	6	2,1	1,1	3,5	2,5	$d - 1,6$	0,5		
1,25	8	2,7	1,5	4,4	3,2	$d - 2$	0,6		
1,50	10	3,2	1,8	5,2	3,8	$d - 2,3$	0,75		
1,75	12	3,9	2,1	6,1	4,3	$d - 2,6$	0,9		
2,00	14; 16	4,5	2,5	7	5	$d - 3$	1		

Продолжение табл. 26

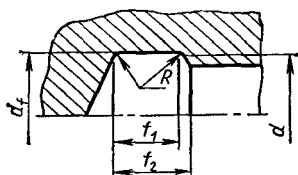
Проточка						d_f	$R \approx 0,5P$
Шаг резьбы P	Номи- нальный диаметр резьбы d	нормаль- ная	узкая	нормаль- ная	узкая		
		f_{1min}		f_{2max}			
2,50	18; 20; 22	5,6	3,2	8,7	6,3	$d - 3,6$	1,25
3,00	21; 27	6,7	3,7	10,5	7,5	$d - 4,4$	1,5
3,50	30; 33	7,7	4,7	12	9	$d - 5$	1,75
4,00	36; 39	9	5	14	10	$d - 5,7$	2
4,50	42; 45	10,5	5,5	16	11	$d - 6,4$	2,25
5,00	48; 52	11,5	6,5	17,5	12,5	$d - 7$	2,5
5,50	56; 60	12,5	7,5	19	14	$d - 7,7$	2,75
6,00	64; 68	14	8	21	15	$d - 8,8$	3

27. Размеры (мм) сбегов и недорезов для внутренней метрической резьбы по СТ СЭВ 214—75



Шаг резьбы P	Номи- нальный диаметр резьбы d	Сбег $x_{\max}$			Недорез $a_{\min}$		
		нормаль- ный	корот- кий	длин- ный	нормаль- ный	корот- кий	длин- ный
0,20	—	0,4	0,3	0,8	1,6	1	2
0,25	1; 1,2	0,5	0,3	1	1,8	1,2	2,5
0,30	1,4	0,6	0,4	1,2	2	1,2	2,8
0,35	1,6	0,7	0,4	1,4	2,2	1,5	3,2
0,40	2	0,8	0,6	1,6	2,5	1,5	3,5
0,45	2,5	0,9	0,6	1,8	3	2	4
0,50	3	1	0,8	2	3	2	5
0,60	3,5	1,2	0,8	2,4	3,5	2,5	5,5
0,70	4	1,4	1	2,8	3,5	2,5	6
0,75	—	1,5	1	3	4	2,5	7
0,80	5	1,6	1,2	3,2	4	2,5	8
1,00	6	2	1,5	4	6	4	10
1,25	8	2,5	1,8	5	8	4	12
1,50	10	3	2	6	9	4	13
1,75	12	3,5	2,5	7	11	5	16
2,00	14; 16	4	3	8	11	5	16
2,50	18; 20; 22	5	3,5	10	12	6	18
3,00	24; 27	6	4	12	15	7	22
3,50	30; 32	7	5	14	17	8	25
4,00	36; 39	8	6	16	19	9	28
4,50	42; 45	9	6	18	23	11	33
5,00	48; 52	10	7	20	26	12	37
5,50	56; 60	11	8	22	28	13	40
6,00	64; 68	12	9	24	28	13	42

28. Размеры (мм) проточек для внутренней метрической резьбы по СТ СЭВ 214—75



Шаг резьбы P	Нормаль- ный диаметр резьбы d	Проточка				d_f	$R \approx 0,5P$
		нормаль- ная	корот- кая	нормаль- ная	корот- кая		
		f_{1min}		f_{2max}			
0,2	—	0,8	0,5	1,2	0,9	$d + 0,1$	0,1
0,25	1; 1,2	1	0,6	1,4	1	$d + 0,1$	0,12
0,3	1,4	1,2	0,75	1,6	1,25	$d + 0,1$	0,15
0,35	1,6	1,4	0,9	1,9	1,4	$d + 0,2$	0,17
0,4	2	1,6	1	2,2	1,6	$d + 0,2$	0,2
0,45	2,5	1,8	1,1	2,4	1,7	$d + 0,2$	0,22
0,5	3	2	1,25	2,7	2	$d + 0,3$	0,25
0,6	3,5	2,4	1,5	3,3	2,4	$d + 0,3$	0,3
0,7	4	2,8	1,75	3,8	2,75	$d + 0,3$	0,35
0,75	—	3	1,9	4	2,9	$d + 0,3$	0,4
0,8	5	3,2	2	4,2	3	$d + 0,3$	0,4
1	6	4	2,5	5,2	3,7	$d + 0,5$	0,5
1,25	8	5	3,2	6,7	4,9	$d + 0,5$	0,6
1,5	10	6	3,8	7,8	5,6	$d + 0,5$	0,75
1,75	12	7	4,3	9,1	6,4	$d + 0,5$	0,9
2	14; 16	8	5	10,3	7,3	$d + 0,5$	1
2,5	18; 20; 22	18	10	6,3	13	$d + 0,5$	1,25
3	24; 27	12	7,5	15,2	10,7	$d + 0,5$	1,5
3,5	30; 32	14	9	17,7	12,7	$d + 0,5$	1,75
4	36; 39	16	10	20	14	$d + 0,5$	2
4,5	42; 45	18	11	23	16	$d + 0,5$	2,25
5	48; 52	20	12,5	26	18,5	$d + 0,5$	2,5
5,5	56; 60	22	14	28	20	$d + 0,5$	2,75
6	64; 68	24	15	30	21	$d + 0,5$	3

29. Размеры (мм) сбегов, недорезов, проточек и фасок для конической дюймовой резьбы с углом профиля 60° по ГОСТ 6111—52 *

Для наружной резьбы

Для внутренней резьбы

Размеры резьбы, дюймы	Число ниток на 1"	Наружная резьба							Внутренняя резьба							Фаска $c \equiv c_1$	
		Сбег l_1 при угле заборной части инструмента 20°	Недорез l_{2max}	Проточка				Сбег l_{3max}	Недорез l_{4max}	Проточка							
				b	r	r_1	d_3			b	r	r_1	d_4				
$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{16}$	27	2,5	3,5	2	0,5	0,3	6 8	3,0	6	3			8,5 10,5	1,0			
$\frac{1}{8}$ $\frac{3}{8}$	18	3,5	5,5	3	1,0	0,5	11 14	4,0	9	4			14,0 17,5	1,6			
$\frac{1}{8}$ $\frac{3}{4}$	14	4,5	6,0	4			18 23	5,5	11	6			22,0 27,0				
$\frac{1}{2}$ $\frac{1 1/4}{2}$	$11 \frac{1}{2}$	5,5	7,0	5	1,6		29 38 44 56	6,5	14	7			34,0 42,5 48,5 60,5	2,0			

30. Отверстия сквозные под крепежные детали по ГОСТ 11284—75
Размеры, мм

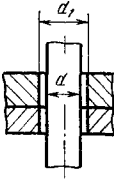
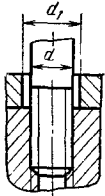
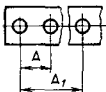
Диаметр стержней крепежных деталей d	Диаметры сквозных отверстий d_1			Диаметр стержней крепежных деталей d	Диаметры сквозных отверстий d_1		
	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд		1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд
1	1,2	1,3	—	2,5	2,7	2,9	3,1
1,2	1,4	1,5	—	3	3,2	3,4	3,6
1,4	1,6	1,7	—	4	4,3	4,5	4,8
1,6	1,7	1,8	2	5	5,3	5,5	5,8
2	2,2	2,4	2,6	6,6	6,4	6,6	7

Продолжение табл. 30

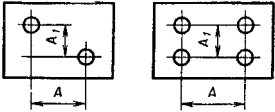
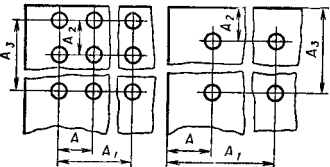
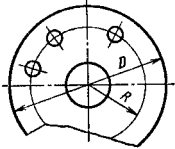
Диаметр стержней крепежных деталей d	Диаметры сквозных отверстий d_1			Диаметр стержней крепежных деталей d	Диаметры сквозных отверстий d_1		
	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд		1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд
7	7,4	7,6	8	60	62	66	70
8	8,4	9	10	64	66	70	74
10	10,5	11	12	68	70	74	78
12	13	14	15	72	74	78	82
14	15	16	17	76	78	82	86
16	17	18	19	80	82	86	91
18	19	20	21	85	87	91	96
20	21	22	24	90	93	96	101
22	23	24	26	95	98	101	107
24	25	26	28	100	104	107	112
27	28	30	32	105	109	112	117
30	31	33	35	110	114	117	122
33	34	36	38	115	119	122	127
36	37	39	42	120	124	127	132
39	40	42	45	125	129	132	137
42	43	45	48	130	134	137	144
45	46	48	52	140	144	147	155
48	50	52	56	150	155	158	165
52	54	56	62	160	165	168	175
55	58	62	66	—	—	—	—

Примечание 3-й ряд отверстий не допускается применять для заклепочных соединений.

31. Рекомендации по выбору рядов сквозных отверстий по ГОСТ 11284—75

I  II 			
Расположение отверстий (и их число)	Способ образования отверстий	Тип соеди- нений	Рекомен- дуемый ряд сквозных отверстий
Любое	По кондуктору	I или II	1-й
В один ряд: координированы от- носительно оси отверстия или базов- вой плоскости  	Пробивка штам- пами повышенной точности, литьем под давлением и по выплавляемым моделям повы- шенной точности	I	1-й
		II	2-й

Продолжение табл. 31

Расположение отверстий (и их число)	Способ образования отверстий	Тип сое- динений	Рекомен- дуемый ряд сквозных отверстий
В два ряда (до четырех отверстий), координированы относительно их осей 	По разметке, пробивка штам- пами обычной точ- ности, литьем нормальной точ- ности	I II	2-й 3-й
В два ряда и более, координиро- ваны относительно осей отверстий или базовых плоскостей 	Пробивка штам- пами повышенной точности, литьем под давлением, литьем по выпла- вляемым моделям повышенной точ- ности	I или II	2-й
По окружности 	По разметке, пробивка штам- пами обычной точ- ности, литьем нормальной точ- ности	I	3-й

32. Отверстия под установочные винты по ГОСТ 12415—66

Размеры, мм

Диаметр резьбы винта	d_1	d_2	h	h_1	h_2 (справочный)	h_3
1	0,6	—	—	—	0,3	—
1,2	0,8	—	—	—	0,4	—
1,6	1,0	—	0,6	—	0,5	—
2,0	1,2	—	0,8	—	0,6	—
2,5	1,7	—	1,0	—	0,8	—
3	2,0	—	1,2	—	1	—
4	2,5	—	1,6	—	1,2	—
5	3,5	3	1,6	—	1,7	3
6	4,5	4	2,0	1,0	2,2	4
8	6	5,5	2,5	1,0	3	5
10	7	6,4	3,0	1,2	3,5	6
12	9	8,4	4,0	1,6	4,5	6
16	12	—	4,0	2,0	6	—
20	15	—	6,0	2,5	7,5	—
24	18	—	6,0	2,5	9	—

33. Центровые отверстия с углом конуса 60° по ГОСТ 14034—74

Размеры, мм

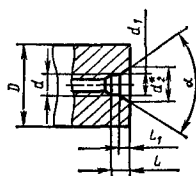
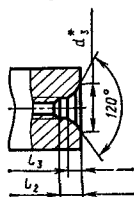
Форма А Форма В Форма Г * Размеры для справок								
D	d	d_1	d_2	d_3	l_1 не менее	l_1	l_2	l_3
4	1,0	2,12	3,15	—	1,3	0,97	1,27	—
5	(1,25)	2,65	4,00	—	1,6	1,21	1,60	—
6	1,6	3,35	5,10	—	2,0	1,52	1,99	—
10	2,0	4,25	6,30	7,0	2,5	1,95	2,54	0,6
14	2,5	5,30	8,00	9,0	3,1	2,42	3,20	0,8
20	3,15	6,70	10,00	12,0	3,9	3,07	4,03	0,9

Продолжение табл. 33

D	d	d_1	d_2	d_3	l , не менее	l_1	l_2	l_3
30	4	8,50	12,50	16,0	5,0	3,90	5,06	1,2
40	(5)	10,60	16,00	20,0	6,3	4,85	6,41	1,6
60	6,3	13,20	18,00	25,0	8,0	5,98	7,36	1,8
80	(8)	17,00	22,40	32,0	10,1	7,79	9,35	2,0
100	10	21,20	28,00	36,0	12,8	9,70	11,66	2,5
120	12	25,40	33,00	—	14,6	11,60	13,80	—

Примечание. Рекомендуется применять центровые отверстия формы: *A* — в случаях, когда после обработки необходимость в центровых отверстиях отпадает; в случаях, когда сохранность центровых отверстий в процессе эксплуатации гарантируется соответствующей термической обработкой; *B* — в случаях, когда центровые отверстия являются базой для многократного использования, а также когда центровые отверстия сохраняются в готовых деталях; *T* — для оправок и калибров.

34. Центровые отверстия с метрической резьбой по ГОСТ 14034—74 Размеры, мм

Форма *F*Форма *H*

* Размеры для справок
Размеры D рекомендуемые

D для форм		d	d_1	d_2	d_3	l , не более	l_1	l_2 , не более	l_3
F	H								
8	—	M3	3,2	5	—	2,8	1,56	—	—
10	16	M4	4,3	6,5	8,2	3,5	1,90	4,0	2,4
12,5	20	M5	5,3	8,0	11,4	4,5	2,30	5,5	3,3
16	25	M6	6,4	10,0	13,3	5,5	3,00	6,5	4,0
20	32	M8	8,4	12,5	16,0	7,0	3,50	8,0	4,5
25	40	M10	11,0	15,6	19,8	9,0	4,00	10,2	5,2
32	50	M12	13,0	18,0	22,0	10,0	4,30	11,2	5,5
40	63	M16	17,0	22,8	28,7	11,0	5,00	12,5	6,5
63	80	M20	21,0	28,0	33,0	12,5	6,00	14,0	7,5
100	—	M24	25,0	36,0	43,0	14,0	9,50	16,0	11,5

Примечание. Центровые отверстия форм *F* и *H* рекомендуется применять для монтажных работ, транспортирования, хранения и термической обработки деталей в вертикальном положении.

Болты, винты, шпильки, гайки, шайбы. Стопорение крепежных деталей. Болты, винты, шпильки, гайки, шайбы и гаечные замки изготовляют общего и специального назначения. Все детали общего и частично специального назначения стандартизованы. В табл. 35 и 36 приведены формы концов болтов, винтов и шпилек по СТ СЭВ 215—75.

Болты. Болты общего назначения по точности изготовления различают:

повышенной точности по ГОСТ 7805—70* и ГОСТ 7808—70* (табл. 37), ГОСТ 7811—70*, ГОСТ 7817—72* (табл. 38) и др.;

нормальной точности по ГОСТ 7795—70*, ГОСТы 7796—70* и 7798—70* (табл. 39) и др.;

грубой точности по ГОСТ 15589—70*, ГОСТ 15590—70*, ГОСТ 15591—70* и др.

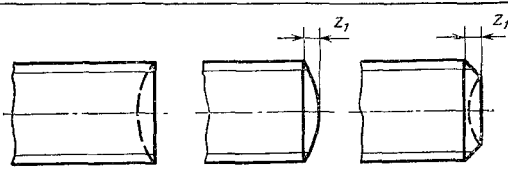
Стандартные болты общего назначения изготовляют с шестигранной головкой; с шестигранной головкой и отверстиями в ней (для проволоки с целью стопорения); с полукруглой головкой и квадратным подголовком или усом; с потайной головкой и усом или квадратным подголовком. Преимущественное распространение имеют болты с шестигранной головкой.

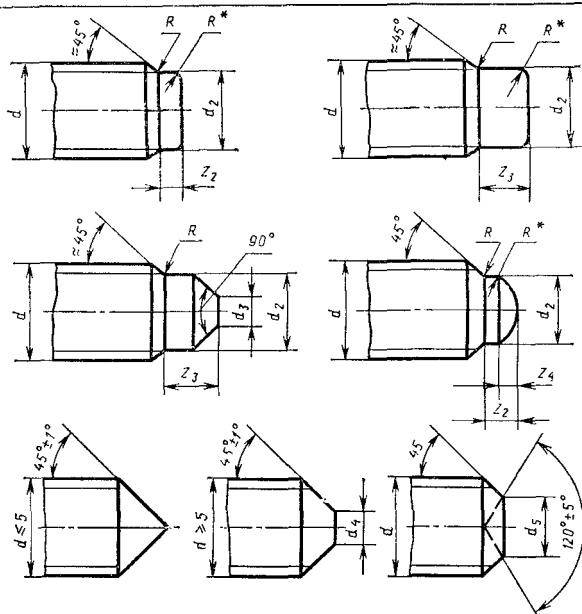
Болты общего назначения изготовляют с нормальным стержнем; со стержнем с отверстием для шплинта; со стержнем с цилиндрическим или квадратным подголовком; с утолщенным стержнем для установки в развернутые отверстия без зазора. Концы болтов общего назначения выполняют плоским; плоским с конической фаской; плоским с заточкой.

К специальным относят болты: к станочным пазам по ГОСТ 13152—67 и ГОСТ 12201—66 (табл. 40); откидные по ГОСТ 14724—69; конические для отверстий из-под развертки по ГОСТ 15163—78; фундаментные и др.

35. Концы болтов, винтов и шпилек по СТ СЭВ 215—75

Размеры, мм

					
Шаг резьбы P	Ширина фаски (сферы) $Z_{1\max}$	Шаг резьбы P	Ширина фаски (сферы) $Z_{1\max}$	Шаг резьбы P	Ширина фаски (сферы) $Z_{1\max}$
0,25	0,5	0,8	1,6	3	6
0,3	0,6	1	2,0	3,5	7
0,35	0,7	1,25	2,5	4	8
0,4	0,8	1,5	3	4,5	9
0,45	0,9	1,75	3,5	5	10
0,5	1,0	2	4	5,5	11
0,6	1,2	2,5	5	6	12
0,7	1,4				

36 Концы болтов, винтов и шпилек по СТ СЭВ 215-75
Размеры, мм

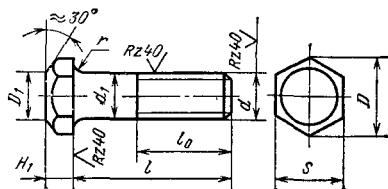
d	$d_2 h_{14}$	$d_{3 \max}$	$d_{4 \max}$	$d_5 h_{14}$	$R \approx$	$Z_2 + 1T_{14}$	$Z_3 + 1T_{14}$	Z_4
1.0	0.5	—	—	—	0.1	0.2	—	0.1
1.2	0.6	—	—	—	0.1	0.3	—	0.2
1.4	0.7	—	—	0.7	0.1	0.3	—	0.2
1.6	0.8	—	—	0.8	0.1	0.4	—	0.2
2.0	1	0.2	—	1	0.1	0.5	1	0.3
2.5	1.5	0.3	—	1.2	0.2	0.6	1.2	0.4
3.0	2	0.4	—	1.4	0.3	0.7	1.5	0.4
3.5	2.2	0.4	—	1.7	0.3	0.9	1.7	0.4
4.0	2.5	0.5	—	2	0.3	1	2	0.5
5.0	3.5	0.5	—	2.5	0.3	1.2	2.5	0.6
6.0	4	0.5	1.5	3	0.4	1.5	3	0.7
7.0	5	0.5	2	4	0.4	1.7	3.5	0.8
8.0	5.5	0.5	2	5	0.4	2	4	1
10	7	1	2.5	6	0.5	2.5	5	1
12	8.5	1	3	8	0.6	3	6	1.2
14	10	2	4	9	0.8	3.5	7	1.5
16	12	3	4	10	0.8	4	8	1.7
18	13	4	5	12	0.8	4.5	9	2
20	15	5	5	14	1	5	10	2
22	17	5	6	16	1	5.5	11	2.5
24	18	6	6	16	1	6	12	2.5
27	21	7	—	—	1.2	6.7	13.5	—
30	23	7	—	—	1.2	7.5	15	—
33	26	8	—	—	1.6	8.2	16.5	—
36	28	8	—	—	1.6	9	18	—
39	30	8	—	—	—	9.7	19.5	—
42	32	8	—	—	—	10.5	21	—
45	35	11	—	—	—	11.2	22.5	—
48	38	14	—	—	—	12	24	—
52	42	18	—	—	—	13	26	—

37. Болты повышенной точности с шестигранной головкой (ГОСТ 7805—70 *),
болты с шестигранной уменьшенной головкой (ГОСТ 7808—70)

Размеры, мм

ГОСТ 7805—70 *

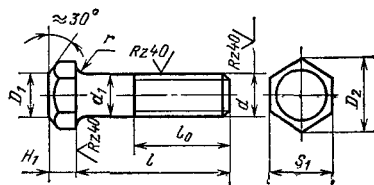
Исполнение 1



$d = 7 \div 48$

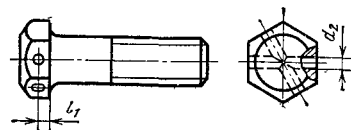
ГОСТ 7808—70 *

Исполнение 1

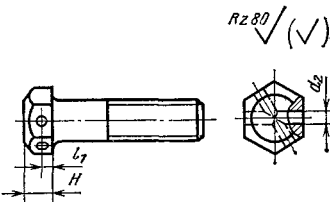


$d = 8 \div 48; D_1 = (0,90 \div 0,95) S$

Исполнение 3



Исполнение 3



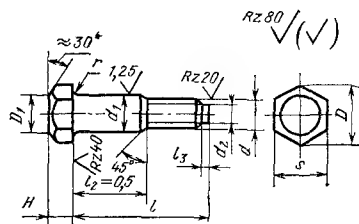
Резьба $d = d_1$		2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48
Шаг резьбы	крупный	0.4	0.45	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
	мелкий	—	—	—	—	—	—	1	1.25	1.25	1.5	1.5	2	2	3	3	3

Резьба $d = d_1$	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48	
Отклонение d_1	—	—0,12	—0,16			—0,2			—0,24			—0,28			—0,34		
S	4	5	5,5	7	8	10	13	17	19	24	30	36	46	55	65	75	
Отклонение	—0,16			—0,20			—0,24			—0,28			—0,34		—0,40		
S_1	—	—	—	—	—	—	12	14	17	22	27	32	41	50	60	70	
Отклонение	—	—	—	—	—	—	—0,24			—0,28		—0,34			—0,40		
H	1,4	1,7	2	2,8	3,5	4	5,5	7	8	10	13	15	19	23	26	30	
Отклонение	±0,12				±0,15			±0,18			±0,21		±0,26				
H_1	—	—	—	—	—	—	5	6	7	9	11	13	17	20	23	26	
Отклонение	—	—	—	—	—	—	±0,15		±0,18		±0,21			±0,26			
D	4,4	5,5	6,0	7,7	8,8	11,0	14,4	18,9	21,1	26,8	33,6	40,3	51,6	61,7	73,0	84,3	
D_2	—	—	—	—	—	—	13,2	15,5	18,9	24,5	30,2	35,8	45,9	56,1	67,4	78,6	
r	не менее	0,10		0,20		0,25	0,4		0,6		0,8		1,0		1,2	1,6	
	не более	0,30		0,35		0,40	0,6		1,1		1,2		1,7		1,8	2,3	
d_2	—			1,0	1,2	2,0	2,5	2,5	3,2	4	4	4	4	5	5	5	
Отклонение	—			±0,40						±0,48							
l_1	—			1,4	1,8	2,0	2,8	3,5	4	5	6,5	7,5	9,5	11,5	13	15	
Отклонение	—			±0,20				±0,25			±0,30			±0,35			

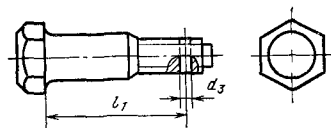
38. Болты повышенной точности с шестигранной уменьшенной головкой для отверстий из-под развертки по ГОСТ 7817—72 *

Размеры, мм

Исполнение 1



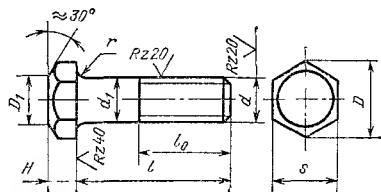
Исполнение 2



Диаметр резьбы d		6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48
Шаг резьбы	крупный	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
	мелкий	—	1	1,25	1,25	1,5	1,5	2	2	3	3	3
d_1		7	9	11	13	17	21	25	32	38	44	50
S		10	12	14	17	22	27	32	41	50	60	70
H		4	5	6	7	9	11	13	17	20	23	26
D , не менее		11,0	13,2	15,5	18,9	24,5	30,2	35,8	45,9	56,1	67,4	78,6
d_2		4,0	5,5	7,0	8,5	12,0	15,0	18,0	23,0	28,0	33,0	38,0
l_3		1,5	1,5	2,0	2,0	3,0	4,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
r		0,5		0,6	0,8	1,0		1,2	1,2	1,6		
d_3		1,6	2,0	2,5	3,2	4,0	4,0	5,0	6,3	6,3	8,0	8,0

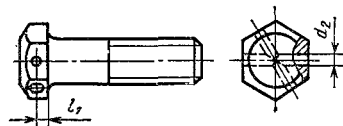
39. Болты нормальной точности с шестигранной головкой (ГОСТ 7798—70).
 Болты нормальной точности с шестигранной уменьшенной головкой (ГОСТ 7796—70)
 Размеры, мм

Исполнение 1



ГОСТ 7798—70 *

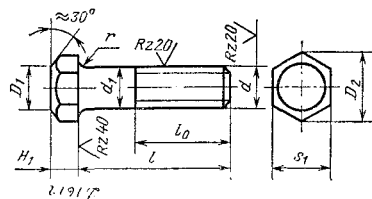
Исполнение 3



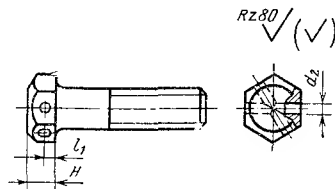
$$d = 6 \div 48$$

ГОСТ 7796—70 *

Исполнение 1



Исполнение 3

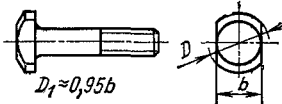
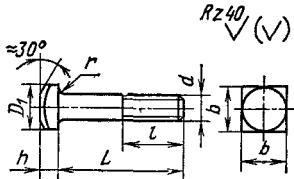
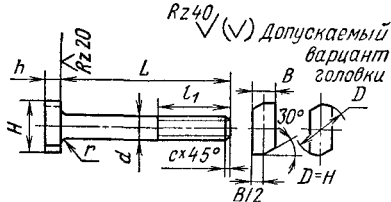


$$d = 3 \div 48; D_1 = (0,9 \div 0,95) S$$

Резьба $d = d_1$		6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48
Шаг Грезы	крупный	1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3	3,5	4,0	4,5	5,0
	мелкий	—	1,0	1,25	1,5	2	3	4	5	6	7	8

Резьба $d = d_1$	6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48
Отклонение d_1	-0,30	-0,36		-0,43		-0,52			-0,62		
S	10	13	17	19	24	30	36	46	55	65	75
Отклонение	-0,36	-0,43		-0,52		-1,0			-1,2		
S_1	—	12	14	17	22	27	32	41	50	60	70
Отклонение	—	-0,43		-0,52		-1,0			-1,2		
H	4	5,5	7	8	10	13	15	19	23	25	30
Отклонение	$\pm 0,24$		$\pm 0,29$		$\pm 0,35$		$\pm 0,42$				
H_1	—	5	6	7	9	11	13	17	20	23	26
Отклонение	—	$\pm 0,24$		$\pm 0,29$		$\pm 0,35$		$\pm 0,42$			
D	10,9	14,2	18,7	20,9	26,5	33,3	39,6	50,9	60,8	72,1	83,4
D_2	—	13,1	15,3	18,7	24,3	29,9	35,0	45,2	55,4	66,4	77,7
r	не менее	0,25	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6			
	не более	0,6	1,1	1,6	2,2	2,7	3,2	3,3	4,6		
d_2	2	2,5	3,2	4	5	6,5	7,5	9,5	11,5	13	15
Отклонение	$\pm 0,4$		$\pm 0,48$								
l_1	2	2,8	3,5	4	5	6,5	7,5	9,5	11,5	13	15
Отклонение	$\pm 0,2$		$\pm 0,25$		$\pm 0,30$		$\pm 0,35$				

40. Болты к станочным обработанным пазам (ГОСТ 13152—67) и быстроъемные к станочным пазам (ГОСТ 12201—66)
Размеры, мм

ГОСТ 13152—67				ГОСТ 12201—66										
Исполнение 1		Исполнение 2		Исполнение 3										
														
Обозначение болтов по ГОСТ		Ширина станочного паза	d	L	D = H	h	r *2	По ГОСТ 13152—67			По ГОСТ 12201—66			
13152—67	12201—66								b	Масса, кг	l,	β	c	Масса, кг
7002—2489 *1	7002—0355	12	M10	40	25	7	1,0 (0,6)	25	18	0,040	30	10	1,5	0,037
2493	0356			50				25		0,046				0,044
2497	0357			60				30		0,051				0,050
2501	—			70				30		0,057				—
2505	0358			80				30		0,063				0,056
2507	—			90				30		0,070				—
2509	—			100				30		0,076				—

Обозначение болтов по ГОСТ		Ширина станоч- ного паза	<i>a</i>	<i>L</i>	<i>D = H</i>	<i>h</i>	<i>r</i> *2	По ГОСТ 13152—67			По ГОСТ 12201—66			
13152—67	12201—66							<i>l</i>	<i>b</i>	Масса, кг	<i>l</i>	<i>B</i>	<i>c</i>	Масса, кг
2519	0359	14	M12	50	28	8	1,0 (0,6)	25	22	0,070	40	12	1,5	0,064
2523	0360			60				30		0,076				0,073
2527	—			70				30		0,086				—
2531	0361			80				30		0,095				0,090
2533	—			90				40		0,103				—
2535	0362			100				40		0,112				0,108
2537	—			110				40		0,121				—
2539	—			120				40		0,130				—
—	0363			125				40		—				0,129
2541	—			130				40		0,138				—
2543	—			140				40		0,147				—
7002—2551	7002—0365	18	M16	60	36	10	1,0	35		0,148	50	16	2	0,142
2555	—			70				35		0,164				—
2559	0366			80				50		0,180				0,175
2561	—			90				50		0,193				—
2563	0367			100				50		0,209				0,206
2565	—			110				50		0,225				—
2567	—			120				50		0,240				—
—	0368			125				50		—				0,245
2569	—			130				50		0,256				—
2571	—			140				50		0,272				—
2573	0369			150				50		0,288				0,283
2575	—			160				50		0,303				—
2577	0370			180				50		0,335				0,332

2589	0372			80				40		0,303				0,296
2591	—			90				50		0,324				—
2593	0273			100				50		0,349				0,344
2595	—			110				50		0,373				—
2597	—			120				50		0,398				—
—	0374	22	M20	125	42	14	1,0	50	34	—	60	20	2,5	0,406
2590	—			130				50		0,423				—
2601	—			140				50		0,447				—
2603	0375			150				50		0,472				0,468
2605	—			160				50		0,497				—
2607	0376			180				60		0,540				0,540
2609	—			200				60		0,589				—
2617	—			90				60		0,554				—
2619	0379			100				60		0,589				0,520
2621	—			110				60		0,625				—
2623	2			120				60		0,660				—
—	0380	28	M24	125	55	18	1,6	60	44	—	75	24	2,5	0,604
2625	—			130				60		0,696				—
2627	—			140				60		0,731				—
2629	0381			150				60		0,767				0,697
2631	—			160				60		0,802				—
2633	0382			180				80		0,862				0,802
7002—2635	—			200				80		0,933				—

*1 Приведены обозначения для исполнения 1; обозначение для исполнения 2 — следующее четное число, например 7002—2489 для исполнения 1 при $d = M10$ и $L = 40$; 7002—2490 для исполнения 2 при $d = M10$ и $L = 40$.

*2 Размеры r в скобках — для болтов быстросъемных по ГОСТ 12201—66.

Винты. Винты общего назначения делятся на крепежные по ГОСТ 1491—72 *, ГОСТ 17473—72 *, ГОСТ 17474—72 *, 17475—72 * (табл. 41); по ГОСТ 1488—75 * (табл. 42); по ГОСТ 11738—72 (табл. 43); по ГОСТ 10336—63 * и ГОСТ 10341—63 * (табл. 44) и др.; установочные по ГОСТ 1482—75 * и ГОСТ 1485—75 * (табл. 45); по ГОСТ 1476—75 *, ГОСТ 1477—75 *, ГОСТ 1478—75 * (табл. 46); по ГОСТ 8878—75 *, ГОСТ 11074—75 *, ГОСТ 11075—75 * (табл. 47). Крепежные винты служат для скрепления соединяемых частей, а установочные — для предотвращения взаимного сдвига деталей.

Крепежные винты изготовляют с головкой под ключ или отвертку, а установочные — с головкой под ключ либо без головки со шлицем или углублением под ключ.

Головки винтов выполняют шестигранные, квадратные, цилиндрические, цилиндрические со сферой, полупотайные, потайные, цилиндрические с углублением под ключ.

Шпильки. Различают шпильки нормальной точности по ГОСТ 22032—76 *, ГОСТ 22034—76 *, ГОСТ 22036—76 *, ГОСТ 22038—76 *, ГОСТ 22040—76 * и ГОСТ 22042—76 * (табл. 48 и 49); повышенной точности по ГОСТ 22033—76 *, ГОСТ 22035—76 *, ГОСТ 22037—76 *, ГОСТ 22039—76 *, ГОСТ 22041—76 * и ГОСТ 22043—76 * (табл. 48 и 49). Шпильки изготовляют с одинаковыми номинальными диаметрами резьбы и гладкой части или с номинальным диаметром резьбы большим диаметра гладкой части.

Гайки. Гайки общего назначения изготовляют нормальной, повышенной и грубой точности. По форме различают гайки: шестигранные нормальной точности по ГОСТ 5915—70 *, ГОСТ 5916—70 *, ГОСТ 15521—70 *, ГОСТ 15522—70 * (табл. 50); шестигранные повышенной точности по ГОСТ 5927—70 *, ГОСТ 5929—70 *, ГОСТ 2524—70 *, ГОСТ 2526—70 * (табл. 51); шестигранные прорезные по ГОСТ 2528—73 *, ГОСТ 5935—73 * (табл. 52); шестигранные прорезные и корончатые по ГОСТ 5918—73 *, ГОСТ 5932—73 *, ГОСТ 5919—73 *, ГОСТ 5933—73 * (табл. 53); шестигранные высокие и особо высокие по ГОСТ 15524—70 *, ГОСТ 5931—70 * (табл. 54); шестигранные с буртиком и со сферическим торцом по ГОСТ 8918—69, ГОСТ 14727—69 (табл. 55); колпачковые по ГОСТ 11860—73 (табл. 56).

Шайбы. СТ СЭВ 280—76 и СТ СЭВ 281—76 распространяются на стальные шайбы нормального ряда соответственно классов точности А и С для болтов с шестигранной головкой и шестигранных гаек. Указанные шайбы выпускают для диаметров резьбы болта или гайки от 1 до 160 мм с номинальным наружным диаметром от 3,5 до 265 мм, с номинальным внутренним диаметром от 1,1 до 165 мм, толщиной от 0,3 до 18 мм.

В табл. 57 приведены шайбы по ГОСТ 6958—78, ГОСТ 11371—78 и ГОСТ 10450—78; эти ГОСТы распространяются на шайбы нормального ряда для крепежных деталей диаметром от 1 до 48 мм. ГОСТ 6958—78 и ГОСТ 10450—78 соответствуют СТ СЭВ 280—76, а ГОСТ 11371—78 — СТ СЭВ 280—76 и СТ СЭВ 281—76.

В табл. 58 приведены размеры сферических и конических шайб по ГОСТ 13438—68 и ГОСТ 13439—68; в табл. 59 — пружинных шайб по ГОСТ 6402—70 *.

41. Винты нормальной точности с цилиндрической головкой (ГОСТ 1491—72 *), с полукруглой головкой (ГОСТ 17473—72 *), с полупотайной головкой (ГОСТ 17474—72 *), с потайной головкой (ГОСТ 17475—72 *)

Размеры, мм

ГОСТ 1491—72 *
Исполнение 1
Исполнение 2

ГОСТ 17473—72 *
Исполнение 1
Исполнение 2

ГОСТ 17474—72 *
Исполнение 1
Исполнение 2

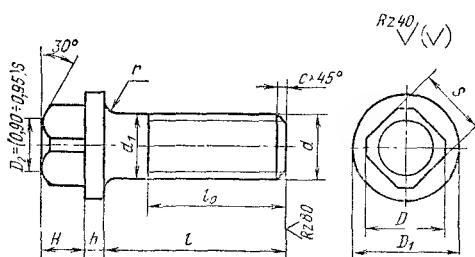
ГОСТ 17475—72 *
Исполнение 1
Исполнение 2

Резьба $d = d_1$		2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16
Шаг резьбы	крупный	0,4	0,45	0,5	0,7	0,8	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
	мелкий	—	—	—	—	—	—	1,0	1,25	1,25	1,5

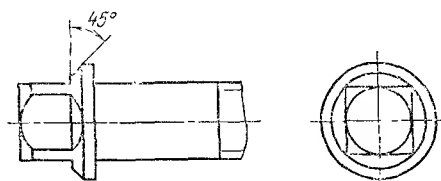
Резьба $d = d_1$	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16
D	3,8	4,5	5,5	7,0	8,5	10	13	16	18	24
D_1	3,8	4,7	5,6	7,4	9,2	11,0	14,5	18,0	21,5	28,5
H	1,4	1,7	2,0	2,8	3,5	4	5	6	7	9
H_1	1,4	1,7	2,1	2,8	3,5	4,2	5,6	7	8	11
H_2 , не более	1,7	2,15	2,5	3,4	4,3	5,1	6,8	8,5	9,5	12
H_3	0,7	0,9	1,0	1,4	1,8	2,1	2,8	3,5	4,0	5,0
H_4	1,0	1,25	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	5,5	7,0
r	0,3	0,3	0,3	0,35	0,5	0,6	1,1	1,1	1,6	1,6
r_1	3,2	4,0	4,8	6,4	8,0	9,6	12,8	16	19	26
r_2	3,2	4,0	4,5	6,0	7,0	8,5	11,5	14	19	25
h	0,7	0,9	1,0	1,4	1,7	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
h_1	0,9	1,1	1,2	1,8	2,3	2,3	2,5	3,5	4,2	5,0
h_2	0,7	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,5	4,0	4,5
h_3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2	1,5	2,0	2,5	2,5	3,5

42. Винты с квадратной головкой и буртиком по ГОСТ 1488—75 *

Размеры, мм

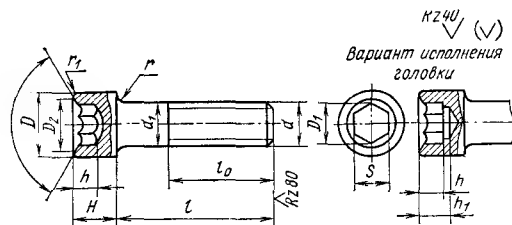


Вариант исполнения



Резьба $d = d_1$		5	6	8	10	12	16	20
Шаг резьбы	крупный	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5
	мелкий	—	—	1	1,25	1,25	1,5	1,5
d_1		5	6	8	10	12	16	20
S		5	7	8	10	12	17	22
H		3,5	5,5	5,5	7	8	10	13
D		6,5	9	10	13	16	22	28
D_1		7,5	11	14	16	20	25	30
h		2	2	2	3	3	4	5
r , не более		0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8	1
c		1	1	1,6	1,6	1,6	2,0	2,5
Несоосность головки относительно стержня		0,3	0,36	0,36	0,36	0,43	0,43	0,52

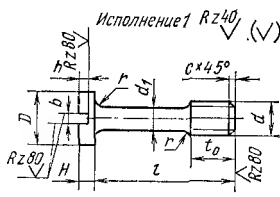
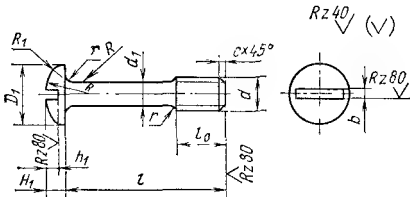
43. Винты с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ по ГОСТ 11738—72
Размеры, мм



$d = d_1$		4	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36
Шаг резьбы	крупный	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4
	мелкий	—	—	—	1	1,25	1,25	1,5	1,5	2	2	3
d_1		4	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36
D		7,0	8,5	10	13	16	18	24	30	36	45	54
H		4	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36
S		3	4	5	6	8	10	14	17	19	22	27
D_1		3,5	4,6	5,8	6,9	9,2	11,5	16,2	19,6	21,9	25,4	31,2
D_2		3,8	4,9	6,1	7,2	9,7	12,0	16,7	20,4	22,7	26,2	32,0
h		2,2	2,8	3,5	4,5	6	7	9	11	13	18	21
h_1 , не более		2,6	3,4	4,0	5,5	7	8	10	13	15	20	24
r	не менее	0,20		0,25	0,40		0,60		0,80		1,0	
	не более	0,35	0,5	0,6	1,1		1,6		2,2		2,7	3,2
Предельное смещение относительно оси стержня	оси головки	0,36			0,43			0,52		0,62		0,74
	оси шестигранного углубления	0,25	0,30			0,36		0,43		0,52		
r_1		0,4		0,5	0,8		1,0		1,6		2,0	

44. Винты невыпадающие с цилиндрической (ГОСТ 10336—63)
и полукруглой (ГОСТ 10341—63) головками

Размеры, мм

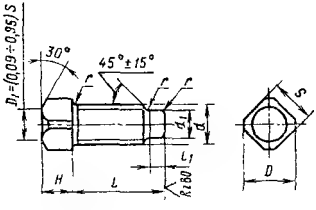
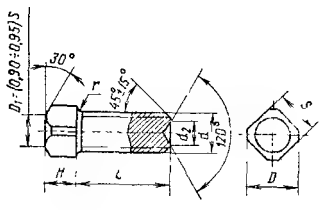
ГОСТ 10336—63		ГОСТ 10341—63							
									
Резьба d		2,5	3	4	5	6	8	10	12
Шаг резьбы		0,45	0,5	0,7	0,8	1,0	1,25	1,5	1,75
d ₁		1,6	2,0	2,8	3,5	4,0	5,5	7,0	9,0
Отклонение		−0,12			−0,16			−0,20	
l ₀		3	4	5	6	8	10	12	16
Отклонение		±0,40	±0,48			±0,58		±0,70	
D		4,5	5,5	7,0	8,5	10	13	16	18
Отклонение		−0,30			−0,36		−0,43		
D ₁		4,5	5,5	7,0	9,0	10,5	13	16	18,5
Отклонение		−0,30			−0,36		−0,43		−0,52
H		1,7	2,0	2,8	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0
Отклонение		±0,12	±0,25			±0,30			±0,36
H ₁		2,1	2,5	3,2	4,0	4,5	6,0	7,5	9,0
Отклонение		±0,25			±0,30			±0,36	
b		0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0
Отклонение		+0,15			+0,25				
h		0,9	1,0	1,4	1,7	2,0	2,5	3,0	3,5
Отклонение		±0,16	±0,25						±0,30
h ₁		1,0	1,3	1,6	2,0	2,3	2,8	3,2	3,8
Отклонение		−0,3	−0,4			−0,5			−0,6
R ≈		2,3	2,8	3,5	4,5	5,3	6,5	8,0	9,3
R ₁		1,3	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
c ≈		0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0

Продолжение табл. 14

Резьба d	2,5	3	4	5	6	8	10	12
r_1 , не более	0,2			0,4		0,5		0,6
l^*	6—16	6—60	8—60	10—80	12—80	25—80	25—80	32—80

* Размер l в указанных пределах брать из ряда 6; 8; 10; 12; 16; 25; 32; 40; 50; 60; 80 мм.

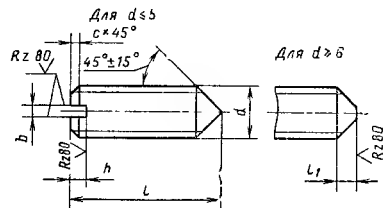
45. Винты установочные с квадратной головкой и цилиндрическим и засверленным концами по ГОСТ 1482—75 * и ГОСТ 1485—75 *
Размеры, мм

ГОСТ 1482—75 *			ГОСТ 1485—75 *			
						
Резьба d	6	8	10	12	16	20
Шаг резьбы	крупный	1	1,25	1,5	1,75	2
	мелкий		1	1,25	1,25	1,5
S	l	8	10	12	17	22
H	6	7	8	10	14	18
D	9	10	13	16	22	28
d_1	4,5	6	7,5	9	12	15
d_2	3	5	6	8	10	14
r , не более	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
l_1	3	4	4,5	6	7,5	7,5
Несоосность головки относительно стержня	0,36	0,36	0,36	0,43	0,43	0,52
l^*	12—35	14—40	16—50	20—60	25—80	35—100

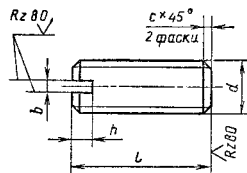
* Размер l в указанных пределах брать из ряда 12; 14; 16; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 90; 100 мм

46. Винты установочные с коническим плоским и цилиндрическими концами
Размеры, мм

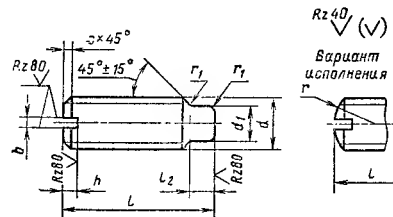
ГОСТ 1476—75 *



ГОСТ 1477—75 *



ГОСТ 1478—75 *



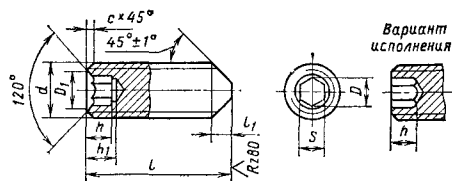
$d = r^{*1}$		2	2.5	3	4	5	6	8	10	12
Шаг резьбы	крупный	0.4	0.45	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75
	мелкий	—	—	—	—	—	—	1	1.25	1.25
b		0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0
h		0.9	1.1	1.2	1.4	1.8	2.0	2.5	3.0	3.5
l_1		—	—	—	—	—	2.5	3.0	4.0	5.0
l_2		—	—	—	—	2.5	3.0	4.0	4.5	6.0
c		0.3	0.3	0.5	0.5	1.0	1.0	1.6	1.6	1.6
r_f		—	—	—	—	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6
d_1		—	—	—	—	3.5	4.5	6.0	7.5	9.0
Несимметричность шлица относительно стержня		0.12	0.12	0.30	0.30	0.30	0.36	0.36	0.36	0.43
l^{*2} по ГОСТ 1476—75		3—10	4—14	4—16	6—20	6—25	8—30	10—40	12—50	12—50
l^{*2} по ГОСТ 1477—75		3—8	4—12	4—14	6—20	8—25	8—30	10—40	12—50	12—50
l^{*2} по ГОСТ 1478—75		—	—	—	—	8—25	10—35	10—40	12—50	16—50

*1 Шлицевой конец со сферой, равной r , является допускаемым вариантом исполнения.

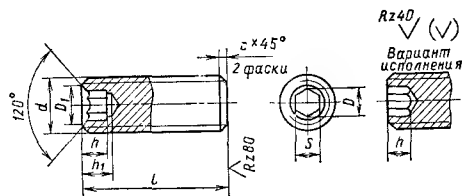
*2 Размер l в указанных пределах брать из ряда 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 20; 25; 30; 40; 45; 50 мм.

47. Винты установочные с шестигранным углублением под ключ и коническим, плоским цилиндрическим концами
Размеры, мм

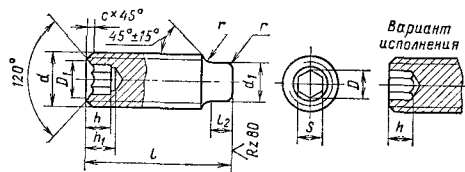
ГОСТ 8878—75



ГОСТ 11074—75



ГОСТ 11075—75



Резьба d		10	12	16	20	24
Шар резьбы	крупный	1,5	1,75	2	2,5	3,0
	мелкий	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5
S		5	6	8	10	12
D , не менее		5,8	6,9	9,2	11,5	13,8
h		5	7	9	11	13
h_1		6	8	10	13	15
l_1		4	5	6	7	8
l_2		4,5	6	7,5	7,5	9
c		1,6	1,6	2,0	2,5	2,5
d_1		7,5	9	12	15	18
r		0,5	0,6	0,8	1,0	1,0
Несимметричность шестигранного углубления и стержня		0,36	0,43	0,43	0,52	0,52
l^*		14—70	16—80	20—90	25—100	30—100
D_1		6,1	7,2	9,7	12,0	14,3

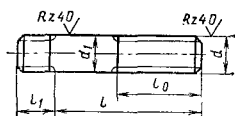
* Размер l в указанных пределах брать из ряда 14, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90, 100 мм.

48. Шпильки с ввинчиваемыми концами нормальной и повышенной точности
Размеры, мм

Нормальной точности с ввинчиваемыми концами:

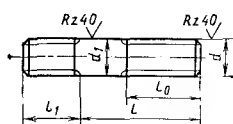
$$l_1 = 1d$$

по ГОСТ 22032—76 *



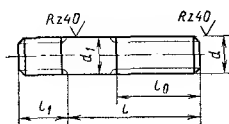
$$l_1 = 1,25d$$

по ГОСТ 22034—76 *



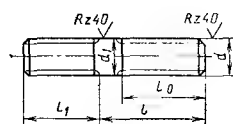
$$l_1 = 1,6d$$

по ГОСТ 22036—76 *



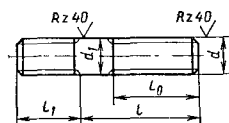
$$l_1 = 2d$$

по ГОСТ 22038—76 *



$$l_1 = 2,5d$$

по ГОСТ 22040—76 *



$d = d_1$		3	4	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48
Шаг P	крупный	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
	мелкий	—	—	—	—	1	1,25	1,5	1,5	2	2	3	3	3	3
Длина ввинчиваемого резьбового конца l_1	d	3	4	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48
	$1,25d$	4	5	6,5	7,5	10	12	15	20	25	30	38	45	52	60
	$1,6d$	5	6,5	8	10	14	16	20	25	32	38	48	56	68	76
	$2d$	6	8	10	12	16	20	24	32	40	48	60	72	84	95
	$2,5d$	7,5	10	12	16	20	25	30	40	50	60	75	88	105	120

49. Шпильки нормальной (ГОСТ 22042—76 *) и повышенной (ГОСТ 22043—76 *) точности для деталей с гладкими отверстиями
Размеры, мм

Technical drawing of a screw. The drawing shows a side view of a screw with a hexagonal head. The total length is labeled L . The length of the threaded portion is labeled l_0 . The diameter of the screw is labeled d . The surface finish is indicated as $Rz40$. The drawing also shows the internal thread profile.

$d = d_1$	3	4	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48	
Шаг P	крупный	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
	мелкий	—	—	—	—	1	1,25	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Длина l	Длина резьбового конца l_0 (предельные отклонения $\pm 2P$)														
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14; 16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20; 25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45; 50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
55; 60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
65; 70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
75	12	14	16	18	22	26	30	—	—	—	—	—	—	—	—
80; 85; 90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
110; 120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
130—160 *	18	20	22	24	28	32	36	44	52	60	72	—	—	—	—
170; 180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
190—200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
220	31	33	35	37	41	45	49	57	65	73	85	97	109	121	121
240; 260; 300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
320; 340; 360	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

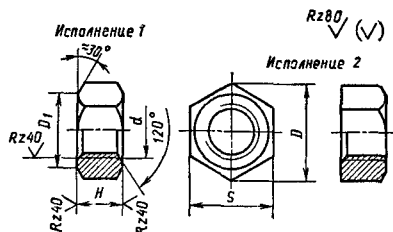
* В указанных пределах брать из ряда 130; 140; 150; 160 мм.

* В указанных пределах брать из ряда 130; 140; 150; 160 мм.

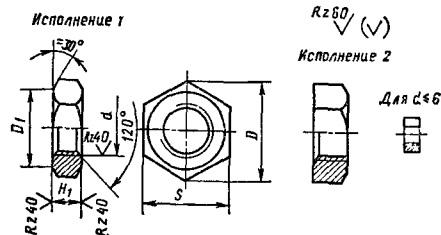
50. Гайки шестигранные по ГОСТ 5915—70 *, гайки шестигранные низкие по ГОСТ 5916—70 *,
гайки шестигранные с уменьшенным размером под ключ по ГОСТ 15521—70 *,
гайки шестигранные низкие с уменьшенным размером под ключ (нормальной точности) по ГОСТ 15522—70 *

Размеры, мм

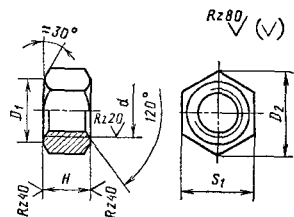
ГОСТ 5915—70 *



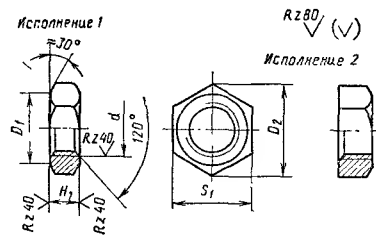
ГОСТ 5916—70 *



ГОСТ 15521—70 *



ГОСТ 15522—70 *



$$D_1 = (0,90 \div 0,95) S$$

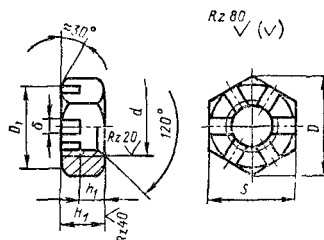
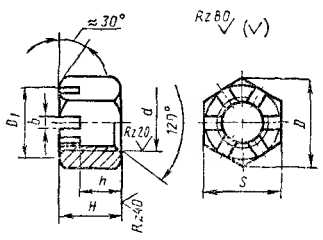
Резьба d		2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48
Шаг резьбы	крупный	0,4	0,45	0,5	0,7	0,8	1,0	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
	мелкий	—	—	—	0,5	0,5	0,75	1,0	1,25	1,25	1,5	1,5	2	2	3	3	3
S		4	5	5,5	7	8	10	13	17	19	24	30	36	46	55	65	75
Отклонение		—0,3		—0,36			—0,43		—0,52			—1,0		—1,2			
S_1		—	—	—	—	—	—	12	14	17	22	27	32	41	50	60	70
Отклонение		—	—	—	—	—	—	—0,43			—0,52		—1,0			—1,2	
D		4,1	5,5	6	7,7	8,8	10,9	14,2	18,7	20,9	26,5	33,3	39,6	50,9	60,8	72,1	83,4
D_2		—	—	—	—	—	—	13,1	15,3	18,7	24,3	29,9	35	45,2	55,4	66,4	77,7
H		—	—	—	—	—	5	6,5	8	10	13	16	19	24	29	34	38
Отклонение		—	—	—	—	—	—0,75	—0,90			—1,10		—1,30			—1,68	
H_1		1,2	1,6	2,0	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
Отклонение		—0,4					—0,75			—0,90			—1,1				

51. Гайки шестигранные по ГОСТ 5927—70 *, гайки шестигранные низкие по ГОСТ 5929—70 *,
гайки шестигранные с уменьшенным размером под ключ по ГОСТ 2524—70 *, гайки шестигранные низкие
с уменьшенным размером под ключ (повышенной точности) по ГОСТ 2526—70 *

Размеры, мм

ГОСТ 5927—70 *		ГОСТ 5929—70 *		ГОСТ 2524—70 *		ГОСТ 2526—70 *	

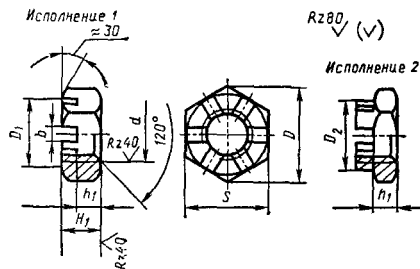
52. Гайки шестигранные прорезные с уменьшенным размером под ключ (повышенной точности) по ГОСТ 2528—73 *
и гайки шестигранные прорезные низкие с уменьшенным размером под ключ (повышенной точности) по ГОСТ 5935—73 *
Размеры, мм

ГОСТ 2528—73 *						ГОСТ 5935—73 *					
											
Резьба d		8	10	12	16	20	24	30	36	42	48
Шаг резьбы	крупный	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
	мелкий	1	1,25	1,25	1,5	1,5	2	2	3	3	3
S		12	14	17	22	27	33	41	50	60	70
H		9,5	12	15	19	22	27	33	38	46	50
H1		7	8	10	12	13	15	18	20	23	25
D ≥		13,2	15,5	18,9	24,5	30,2	35,8	45,9	56,1	67,4	78,5
Число прорезей		6								8	
b		2,5	2,8	3,5	4,5	4,5	5,5	7	7	9	9
h		6,5	8	10	13	16	19	24	29	24	38
h1		4	5	6	7	8	9	11	13	14	16
Шплинт		2×20	2,5×25	3,2×25	4×32	4×36	5×40	6,3×50	6,3×60	8×70	8×80

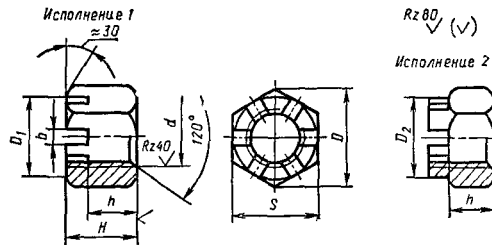
53. Гайки шестигранные прорезные и корончатые (нормальной точности) по ГОСТ 5918—73 *,
гайки шестигранные прорезные и корончатые (повышенной точности) по ГОСТ 5932—73 *,
гайки шестигранные прорезные и корончатые низкие (нормальной точности) по ГОСТ 5919—73 *,
гайки шестигранные прорезные и корончатые низкие (повышенной точности) по ГОСТ 5933—73 *

Размеры, мм

ГОСТ 5918—73 * и ГОСТ 5932—73 *



ГОСТ 5919—73 * и ГОСТ 5933—73 *

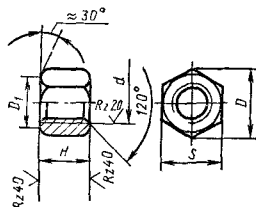


Резьба d		4	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48
Шаг резьбы	крупный	0,7	0,8	1,0	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
	мелкий	—	—	—	1,0	1,25	1,25	1,5	1,5	2	2	3	3	3
S		7	8	10	13	17	19	24	30	36	46	55	65	75
H		5	6	7,5	9,5	12	15	19	22	27	33	38	46	50
H ₁		—	—	6	7	8	10	12	13	15	18	20	23	25
D ≥		7,7	8,8	10,9	14,2	18,7	20,9	26,5	33,3	39,6	50,9	60,8	72,1	83,4
D ₁ ≥		7,7	8,8	11	14,4	18,9	21,1	26,8	36,6	40,3	51,6	61,7	73,0	84,3
Число прорезей		6											8	
Исполнение 1		1×12	1,2×12	1,6×16	2×20	2,5×25	3,2×32	4×36	4×40	5×45	6,3×60	6,3×70	8×80	8×90
Исполнение 2		—	—	—	—	—	3,2×25	4×32	4×36	5×40	6,3×50	6,3×60	8×70	8×80

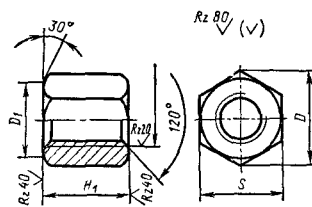
54. Гайки шестигранные высокие (повышенной точности) по ГОСТ 15524—70 *
и гайки шестигранные особо высокие (повышенной точности) по ГОСТ 5931—70 *

Размеры, мм

ГОСТ 15524—70 *



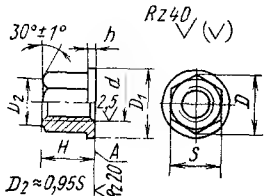
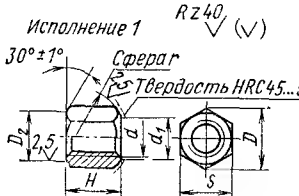
ГОСТ 5931—70 *



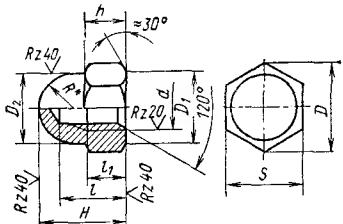
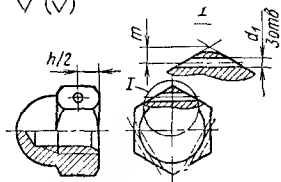
$$D_1 = (0,90 \div 0,95) S$$

Резьба d		3	4	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48
Шаг резьбы	крупный	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
	мелкий	—	—	—	—	1,0	1,25	1,25	1,5	1,5	2	2	3	3	3
S		5,5	7	8	10	13	17	19	24	30	36	46	55	65	75
Отклонение		—0,16	—0,20			—0,24			—0,28			—0,34		—0,40	
D		6	7,7	8,8	11	14,4	18,9	21,1	26,8	33,6	40,3	51,6	61,7	73,0	84,3
H		3,6	4,8	6	7,5	9,0	12	15	19	24	28	36	42	50	58
Отклонение		—0,30			—0,36			—0,43			—0,52			—0,62	
H ₁		—	—	—	—	12	15	18	24	30	36	45	54	63	71
Отклонение		—	—	—	—	—0,43			—0,52			—0,62		—0,74	
Смещение оси отверстия относительно граней		0,2	0,25			0,30			0,35			0,40		0,50	

55. Гайки шестигранные с буртиком и со сферическим торцом
Размеры, мм

ГОСТ 8918—69						ГОСТ 14727—69			
									
Обозначение по ГОСТ		Общие размеры				Гайка по ГОСТ 8918—69		Гайка по ГОСТ 14727—69	
8918—69	14727—69	d	S	H	D	D ₁	h	d ₁	r
7003—0301	7003—0271	M6	10	9	11,5	14	2	7	9
0302	0273	M8	14	12	16,2	18	2	9	12
0303	0275	M10	17	15	19,6	22	3	11	15
0304	0277	M12	19	18	21,9	25	3	14	18
0305	0279	M16	24	24	27,7	30	4	18	22
0306	0281	M20	30	30	34,6	38	5	22	27
0307	0283	M24	36	36	41,6	45	5	26	32
0308	0285	M30	46	45	53,1	58	6	32	40
0309	0287	M36	55	54	63,5	68	7	38	50
0310	0289	M42	65	63	75,0	80	8	45	58
7003—0311	7003—0290	M48	75	72	86,3	90	8	52	67

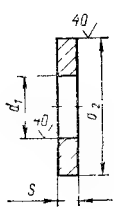
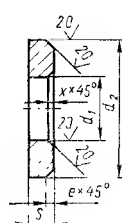
56. Колпачковые гайки по ГОСТ 11860—73
Размеры, мм

Исполнение 1						Исполнение 2					
											
$D_1 = (0,90 \div 0,95) S$						$R^* = D/2$ для справок					
Диаметр резьбы d		3	4	5	6	8	10	12	16	20	24
Шаг резьбы	крупный	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3
	мелкий	—	—	—	—	1	1,25	1,25	1,5	1,5	2
S		5,5	7	8	10	13	17	19	24	30	36

Продолжение табл. 56

Диаметр резьбы d	3	4	5	6	8	10	12	16	20	24
D	6,0	7,7	8,8	11	14,4	18,9	21,1	26,8	33,6	40,3
H	7,5	9	10	12	15	18	22	28	34	38
h	2,4	3,2	4	5	6,5	8	10	13	16	19
D_2	5	6	8	10	13	16	18	23	28	34
t	5	6	7	8	11	13	16	21	26	29
l_1	2	3	3,8	4	6	7	9	13	16	19
$m = d_1$	—	—	—	1,5				2		

57. Увеличенные шайбы по ГОСТ 6958—78, шайбы по ГОСТ 11371—78, уменьшенные шайбы по ГОСТ 10450—78

		Исполнение 1		Исполнение 2				
								
Диаметр стержня крепежной детали	d_1	Шайбы увеличенные по ГОСТ 6958—78		Шайбы по ГОСТ 11371—78			Шайбы уменьшенные по ГОСТ 10450—78	
		d_2	S	d_2	S	e , не более	d_2	S
1	1,1	4	0,5	3,5	0,3	0,15	3	0,3
1,2	1,3	4	0,5	4,0	0,3	0,15	3,5	0,3
1,4	1,5	—	—	4,0	0,3	0,15	3,5	0,3
1,6	1,7	5	0,5	4,0	0,3	0,15	4	0,3
2,0	2,2	6	0,8	5,0	0,3	0,15	4,5	0,3
2,5	2,7	8	0,8	6,5	0,5	0,25	5	0,5
3,0	3,2	10	0,8	7,0	0,5	0,25	6	0,5
4,0	4,3	12	1,0	9,0	0,8	0,4	8	0,8
5,0	5,3	16	1,6	10,0	1,0	0,5	10	0,8
6,0	6,4	18	1,6	12,5	1,6	0,8	12	1,0
8,0	8,4	24	2	17,0	1,6	0,8	15,5	1,6
10,0	10,5	30	2,5	21,0	2,0	1	18	1,6
12,0	13	36	3	24,0	2,5	1,25	21	2,0
14,0	15	42	3	28,0	2,5	1,25	24	2,0
16,0	17	48	4	30,0	3,0	1,5	28	2,0

Продолжение табл. 57

Диаметр стержня крепежной детали	d_1	Шайбы увеличенные по ГОСТ 6858—78		Шайбы по ГОСТ 11371—78			Шайбы уменьшенные по ГОСТ 10450—78	
		d_2	S	d_2	S	e , не более	d_2	S
18,0	19	55	4	34	3,0	1,5	30	2,5
20,0	21	60	5	37	3,0	1,5	34	2,5
22,0	23	65	5	39	3,0	1,5	37	2,5
24,0	25	70	6	44	4,0	2,0	39	2,5
27,0	28	80	6	50	4,0	2,0	44	2,5
30,0	31	90	6	56	4,0	2,0	50	3,0
36,0	37	100	8	66	5,0	2,5	60	3,0
42,0	43	120	8	78	7,0	3,5	72	4,0
48,0	50	140	8	92	8,0	4,0	84	6,0

58. Шайбы сферические и конические по ГОСТ 13438—68 и ГОСТ 13439—68
Размеры, мм

ГОСТ 13438—68

ГОСТ 13439—68

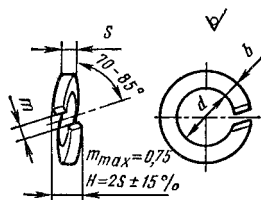
Справочная высота шайб

Примеры применения сферических и конических шайб

Обозначение шайб		Общие размеры			Сферическая шайба				Коническая шайба		
сферических	конических	Диаметр под стержень	D	H	d	b	b_1	r	D	d_1	b_1
7019—0391	7019—0411	6	12	4	6,4	2,4	1	9	11	7	2,8
0392	0412	8	17	5	8,4	3,5	1	12	16	10	3,5
0393	0413	10	21	6	10,5	4,0	1	15	20	12	4,2
0394	0414	13	24	7,2	12,5	4,5	1,2	18	22	15	5,0
0395	0415	16	30	8,5	16,5	5,3	1,2	22	28	19	6,2
0396	0416	20	36	10,5	21	6,3	1,6	27	33	24	7,5
0397	0417	24	41	13,5	25	8	2	32	41	28	9,5
0398	0418	30	53	17	31	10	2,5	40	52	35	12
0399	0419	36	68	22	37	14	4	50	64	42	15
4000	0420	42	78	26,5	43	16	5,5	58	74	48	18
7019—0401	7019—0421	48	92	35	50	21	8	67	85	56	22

59. Пружинные шайбы по ГОСТ 6402—70

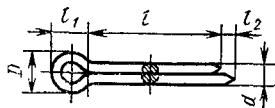
Размеры, мм



Диаметр болта, винта, шпильки	d	Шайбы				
		Легкие (Л)		Нормаль- ные (Н)	Тяжелые (Т)	Особо тяжелые (ОТ)
		S	b	$S = b$	$S = b$	$S = b$
2	2,1	—	—	0,5	0,6	—
2,5	2,6	—	—	0,6	0,8	—
3	3,1	0,6	1,0	0,8	1,0	—
4	4,1	1,0	1,4	1,2	1,4	—
5	5,1	1,2	1,6	1,4	1,6	—
6	6,1	1,4	2,0	1,6	2,0	—
8	8,1	1,6	2,5	2,0	2,5	—
10	10,1	2,0	3,0	2,5	3,0	3,5
12	12,1	2,5	3,5	3,0	3,5	4,0
14	14,2	3,0	4,0	3,5	4,0	4,5
18	18,3	3,5	5,0	4,5	5,0	5,5
20	20,5	4,0	5,5	5,0	5,5	6,0
22	22,5	4,5	6,0	5,5	6,0	7,0
24	24,5	5,0	7,0	6,0	7,0	8,0

60. Шпильки по СТ СЭВ 229—75

Размеры, мм



Условный диаметр шпильки d_0		0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	
d	max	0,5	0,7	0,9	1	1,4	1,8	2,3	2,9	3,7	4,6	5,9	7,5	9,5	12,4	15,4	19,3	
	min	0,4	0,6	0,8	0,9	1,3	1,7	2,1	2,7	3,5	4,4	5,7	7,3	9,3	12,1	15,1	19,0	
l_2	max	1,6	1,6	1,6	2,5	2,5	2,5	2,5	3,2	4	4	4	4	6,3	6,3	6,3	6,3	
	min	0,8	0,8	0,8	1,3	1,3	1,3	1,3	1,6	2	2	2	2	3,2	3,2	3,2	3,2	
l_1	≈	2	2,4	3	3	3,2	4	5	6,4	8	10	12,6	16	20	26	32	40	
D	max	1	1,4	1,8	2	2,8	3,6	4,6	5,8	7,4	9,2	11,8	15	19	24	30,8	38,6	
	min	0,9	1,2	1,6	1,7	2,4	3,2	4	5,1	6,5	8	10,3	13,1	16,6	21,7	27	33,8	
Рекомендуемые диаметры соединяемых деталей	Болт	Св.	—	2,5	3,5	4,5	5,5	7	9	11	14	20	27	39	56	80	120	170
		До	2,5	3,5	4,5	4,5	7	9	11	14	20	27	39	56	80	120	170	—
	Штифт, ось	Св.	1	2	3	4	5	6	8	9	12	17	23	29	44	69	110	160
		До	2	3	4	5	6	8	9	12	17	23	29	44	69	110	160	—

Примечание. Условный диаметр шпильки d_0 равняется диаметру отверстия под шпильку. Стандарт распространяется на шпильки с условным диаметром от 0,6 до 20 мм, длиной l от 4 до 280 мм.

Стопорение крепежных деталей. Различают следующие способы предохранения резьбовых соединений от самоотвинчивания:

повышением сил трения в резьбе или на опорных торцах головок винтов, болтов и гаек, что достигается применением контргайк (рис. 5, а), пружинных шайб (рис. 5, б, табл. 59), разрезных гаек (рис. 5, в),

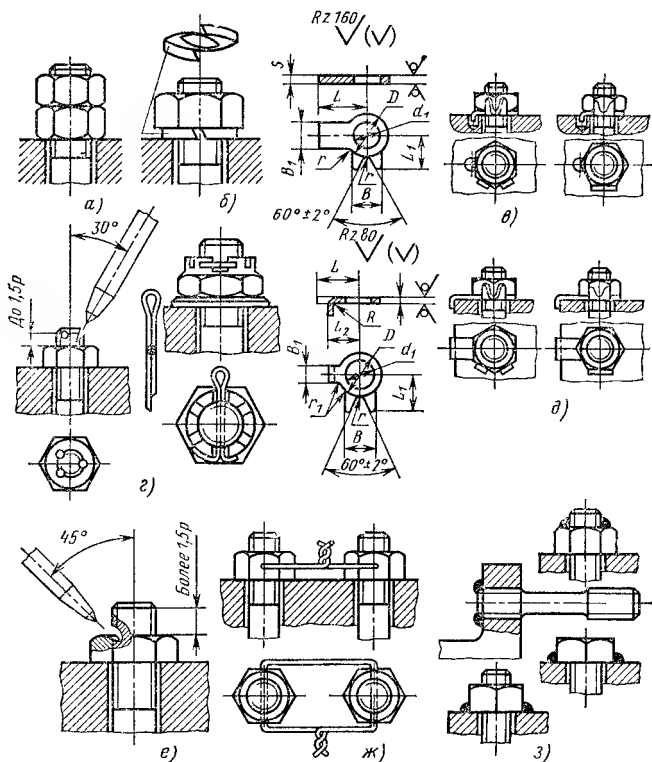


Рис. 5. Способы стопорения крепежных деталей

с контрящим винтом по ГОСТ 12460—67 и др.; данный способ позволяет легко регулировать силу затяжки резьбовых деталей путем поворота одной из резьбовых деталей на соответствующий угол;

жестким соединением резьбовых деталей без возможного поворота их, что осуществляется применением стопорных шайб с лапкой по ГОСТ 13463—77 (рис. 5, в), стопорных шайб с носком (рис. 5, д), шплинтов разводных по СТ СЭВ 220—75 (рис. 5, г, табл. 60), вязкой мягкой проволокой (рис. 5, ж) и др.;

путем приварки головки винта, болта, гайки или шпильки (рис. 5, з);

посредством кернения резьбовых деталей с торца и бокового (рис. 5, е);

расклепыванием стержня резьбовой детали, закрашиванием лаком резьбы под гайку и др.

Места под ключ и под головки крепежных деталей. В табл. 61 приведены размеры ключа и под ключ; в табл. 62 — места под гаечные ключи. В табл. 63, 64, 65 приведены опорные поверхности под крепежные детали с диаметром резьбы от 1 до 48 мм по СТ СЭВ 213—75.

61. Размеры ключа и под ключ по ГОСТ 6424—73, мм

Размеры ключа

Охватывающие

Охватываемые

Размеры под ключ

Охватываемые

Охватывающие

Номинальные размеры S_1, S_2, S_3	Отклонения размеров ключа			Отклонения размеров под ключ						
	охватывающих S		охватываемых S_1	охватывающих S_2			охватываемых S_3			
	нормальной точности	грубой точности		повышенной точности	нормальной точности	грубой точности				
2,5*; 3,0*	—	—	—0,040	—	—	—	+0,09 +0,03			
3,2	+0,08 +0,02	—	—0,048	—0,16			+0,12 +0,04			
4,0; 5,0; 5,5	+0,12 +0,02									
6,0*	+0,15 +0,03		—0,058	—0,20			+0,15 +0,05			
7,0										

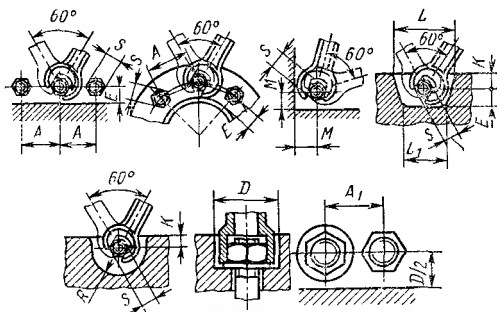
Продолжение табл. 61

Номинальные размеры S, S_1, S_2, S_3	Отклонения размеров ключа			Отклонения размеров под ключ			
	охватывающих S		охваты- ваемых S_1	охватывающих S_2			охваты- ваемых S_3
	нор- мальной точ- ности	грубой точ- ности		повы- шенной точно- сти	нор- мальной точно- сти	грубой точ- ности	
8,0 (9,0)	+0,15 +0,03	+0,18 +0,03	-0,058	-0,20	-0,36	—	+0,15 +0,05
10,0 (11,0)	+0,19 +0,04	+0,24 +0,04					
12; 13	+0,24 +0,04	+0,30 +0,04	-0,120	-0,24	-0,43	—	+0,18 +0,06
14 (15)	+0,27 +0,05	+0,35 +0,05					
17	+0,30 +0,05	+0,40 +0,05					
19; 22; 24	+0,36 +0,06	+0,46 +0,06	-0,140	-0,28	-0,52	-0,84	+0,21 +0,07
27; 30	+0,48 +0,08	+0,58 +0,08					
32			-0,170	-0,34	-1,00	-1,00	+0,25 +0,05
36,0; 41,0 46,0	+0,60 +0,10	+0,70 +0,10					

* Допускается применять только для изделий с углублением под ключ и для ключей под это углубление. ГОСТ 6424—73 предусматривает также номинальные размеры 50—225 мм.

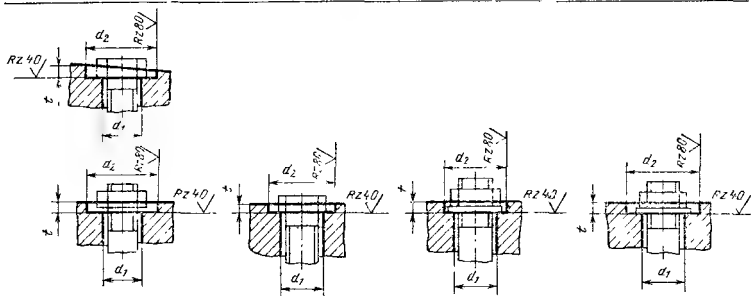
62. Места под гаечные ключи

Размеры, мм



Сер. S ключей										Сер. S ключей									
	A	E-K	M	L	L ₁	R	D	A ₁	A		E	K	M	L	L ₁	R	D	A ₁	
5,5	12	5	7	20	16	10	—	—	30	58	20	30	98	75	48	—	—	—	
7	14	6	8	26	20	13	—	—	32	62	22	32	100	80	50	52	—	—	
8	17	7	9	30	24	15	20	16	36	68	24	36	110	85	55	60	—	—	
10	20	8	11	36	28	18	22	18	41	80	26	40	120	90	60	62	—	—	
12	24	10	13	45	34	22	26	20	46	90	30	45	140	105	68	70	—	—	
13	26	10	14	45	34	23	—	—	50	95	32	48	150	110	72	75	—	—	
14	28	11	15	48	36	24	26	22	55	105	34	52	160	120	80	85	—	—	
17	34	13	17	52	38	26	30	26	60	110	38	55	170	130	85	—	—	—	
19	36	14	19	60	45	30	32	30	65	120	42	60	185	145	92	—	—	—	
22	42	15	24	72	55	36	36	32	70	130	45	65	200	160	98	—	—	—	
24	48	16	25	78	60	38	40	36	75	140	48	70	210	170	105	—	—	—	
27	52	19	28	85	65	42	45	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

63. Опорные поверхности под крепежные детали по СТ СЭВ 213—75



d	d ₁	d ₂			
		Под болты с шестигранной головкой, под гайки шестигранные	Под болты с шестигранной уменьшенной головкой, под гайки шестигранные, с уменьшенным размером под ключ	Под шайбы уменьшенные	Под шайбы
1,6	1,8	5	—	—	5
2	2,6	6	—	—	6

Продолжение табл. 63

d	d_1	d_2			
2,5	3,1	7,5	—	—	7,5
3	3,6	8	—	—	8
4	4,8	10	—	—	10
5	5,8	11	—	—	11
6	7	13,5	—	—	13,5
8	9	18	18	18	18
10	11	22	20	20	22
13	11	26	24	21	26
14	16	30	26	26	30
16	18	33	30	30	33
18	20	36	32	32	33
20	22	40	36	36	40
22	24	42	40	40	42
24	26	48	42	42	48
27	30	52	45	48	52
30	33	61	52	55	61
33	36	67	60	60	67
36	39	71	65	65	71
39	42	75	71	71	75
42	45	80	75	75	80
45	48	90	80	85	90
48	52	95	85	90	95

Примечание. Размер t устанавливает конструктор; d — номинальный диаметр резьбы; d_1 — диаметр сквозного отверстия по Н13; d_2 — диаметр опорной поверхности по Н15.

64. Опорные поверхности под винты с цилиндрической головкой и цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ по СТ СЭВ 213—75

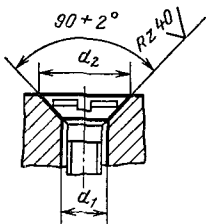
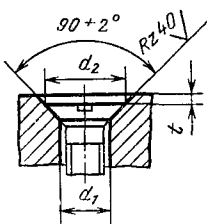
d	d_1 по Н13	d_2 по Н14	t	t_1	t_2	t_3
1	1,3	2,2	—	—	0,8	—
1,2	1,5	2,5	—	—	0,9	—
1,4	1,7	2,8	—	—	1,0	—
1,6	2	3,3	—	—	1,2	—

Продолжение табл. 64

d	d_1 по Н13	d_2 по Н14	t	t_1	t_2	t_3
2	2,6	4,3	—	—	1,6	2
2,5	3,1	5	—	—	2	2,5
3	3,6	6	3,4	4	2,4	3
3,5	4,1	6,5	—	—	2,8	—
4	4,8	8	4,6	5,5	3,2	4
5	5,8	10	5,7	7	4	5
6	7	11	6,8	8	4,7	6
8	9	15	8	11	6	7,5
10	11	18	11	13	7	9
12	14	20	13	16	8	11
11	16	24	15	18	9	12
15	18	26	17,5	21	10,5	13
18	20	30	19,5	23	11,5	15
20	23	34	21,5	26	12,5	16
22	24	36	23,5	28	—	—
24	26	40	25,5	31	—	—
27	30	45	28,5	35	—	—
30	33	48	32	38	—	—
33	36	53	35	41	—	—
36	39	57	38	45	—	—
39	42	60	42	49	—	—
42	45	65	44	53	—	—
45	48	71	47	55	—	—
48	52	75	50	60	—	—

Примечание. d — номинальный диаметр резьбы.

65. Опорные поверхности под винты с потайной и полупотайной головками по СТ СЭВ 213—75

Форма А  Форма В 					
d	d_1 по Н13	d_2 по Н13	d_1 по Н12	d_2 по Н12	t
1	1,3	2,4	1,1	2	0,2
1,2	1,5	2,8	1,3	2,5	0,2
1,4	1,7	3,2	1,6	2,8	0,2
1,6	2	3,7	1,7	3,3	0,2
2	2,6	4,6	2,2	4,3	0,2
2,5	3,1	5,7	2,7	5	0,3
3	3,6	6,6	3,2	6	0,3
3,5	4,1	7,6	3,8	7	0,3

Продолжение табл. 65

d	d_1 по Н13	d_2 по Н13	d_1 по Н12	d_2 по Н12	t
4	4,8	8,6	4,3	8	0,3
5	5,8	10,4	5,3	10	0,3
6	7	12,4	6,4	11,5	0,4
8	9	16,4	8,4	15	0,8
10	11	20,4	10,5	19	1
12	14	24,4	13	22,5	1
14	16	28,4	15	26	1
16	18	32,4	17	30	1,2
18	20	36,4	19	34	1,2
20	22	40,4	21	37	1,5

Примечание. d — номинальный диаметр резьбы.

Упрощенный расчет резьбовых соединений. Рассмотрим основные расчетные случаи.

Первый случай. Ненапряженное болтовое соединение (рис. 6). Гайка свободно навинчена на нарезанную часть хвостовика грузоподъемного крюка и зафиксирована от самоотвинчивания шплинтом.

Условие прочности болта на растяжение

$$\sigma_p = \frac{P}{\pi d_1^2} = \frac{4P}{\pi d_1^2} \leq [\sigma_p],$$

где P — осевая сила; d_1 — внутренний диаметр резьбы; $[\sigma_p]$ — допускаемое напряжение на растяжение.

Рис. 6. Ненапряженное болтовое соединение

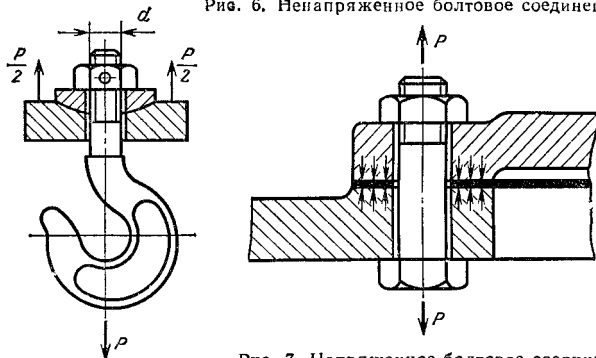


Рис. 7. Напряженное болтовое соединение без внешней нагрузки

Внутренний (расчетный) диаметр болта

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4P}{\pi [\sigma_p]}}.$$

Второй случай. Напряженное болтовое соединение без внешней нагрузки (рис. 7). Примером может служить болтовое соединение герметичных крышек, люков и др. Болт в этих соединениях работает не только на растяжение, но и на кручение от приложенной силы к гаечному ключу. Для упрощения кручение учитывают увеличением растягивающей силы P на 25—35 % и рассчитывают по приведенным в первом случае формулам.

Третий случай. Напряженное болтовое соединение с внешней нагрузкой (рис. 8). Предварительно затянутый болт дополнительно нагружен внешней осевой растягивающей силой. Примером могут служить болты крепления крышки резервуара для газа или жидкости с давлением выше атмосферного.

Осевая нагрузка на болт

$$P = P_{\text{зат}} + KP_1,$$

где $P_{\text{зат}}$ — сила затяжки болта; K — коэффициент внешней нагрузки, учитывающий деформации болта и деталей соединения; P_1 — часть внешней нагрузки (в данном случае внутреннего давления), приходящегося на один болт.

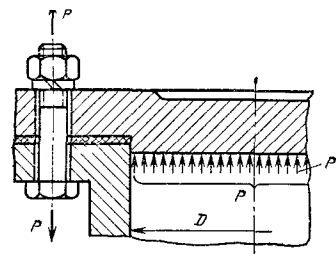


Рис. 8. Напряженное болтовое соединение с внешней нагрузкой

Часть внешней нагрузки на болт от давления, например газа,

$$P_1 = \frac{\pi D^2}{4} p \frac{1}{i},$$

где p — давление газа; D — диаметр крышки; i — число болтов.

Поскольку болт испытывает напряжение кручения, то с учетом этого напряжения расчетная нагрузка

$$P_{\text{расч}} \approx 1,3P$$

Условие прочности болта

$$\sigma_p = \frac{P_{\text{расч}}}{\frac{\pi d_1^2}{4}} \leq [\sigma_p].$$

Внутренний (расчетный) диаметр болта

$$d_1 = \sqrt{\frac{4P_{\text{расч}}}{\pi [\sigma_p]}}.$$

Четвертый случай. Напряженное болтовое соединение с болтом, поставленным без зазора (рис. 9). Болт работает на срез и смятие.

На срез болт рассчитывают по формуле

$$\frac{\pi d_1^2}{4} [\tau_{ср}] \geq R,$$

где R — сила, действующая поперек болта; $[\tau_{ср}] = (0,2 \div 0,3) \sigma_T$ — допускаемое напряжение на срез; σ_T — предел текучести.

Внутренний диаметр резьбы

$$d_1 = \sqrt{\frac{4R}{\pi [\tau_{ср}]}}.$$

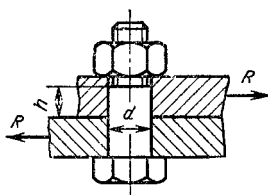


Рис. 9. Напряженное болтовое соединение с болтом, поставленным без зазора

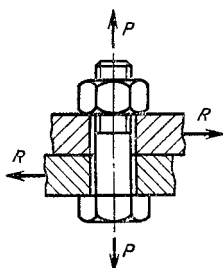


Рис. 10. Напряженное болтовое соединение с болтом, поставленным с зазором

На смятие болт рассчитывают по формуле

$$d_1 h [\sigma_{см}] > R,$$

откуда

$$h \geq \frac{R}{d_1 [\sigma_{см}]},$$

где h — высота смятия участка; $[\sigma_{см}]$ — допускаемое напряжение на смятие.

Пятый случай. Напряженное болтовое соединение с болтом, поставленным с зазором (рис. 10). В этом случае затяжкой болта обеспечивается достаточная сила трения между стянутыми деталями для предупреждения их сдвига и перекоса болта.

Болт рассчитывают по силе затяжки

$$P = \frac{R}{f} = \frac{\pi d_1^2}{4} [\sigma_p],$$

где f — коэффициент трения.

ШТИФТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Штифты применяют для точного взаимного фиксирования деталей (рис. 11), а также для скрепления деталей машин, передающих небольшие нагрузки. Штифты делят на *установочные* и *крепежные*.

По форме различают *конические* и *цилиндрические* штифты. Конические штифты изготовляют с конусностью 1 : 50, обеспечивающей самоторможение. По конструкции рабочей части штифты выполняют *гладкими* и *просечными*, т. е. с насеченными или выдавленными канавками, что не требует развертывания отверстия (как для гладких штифтов) и создает надежное соединение, предохраняющее штифт от выпадания в процессе работы.

СТ СЭВ 239—75 распространяется на незакаленные гладкие цилиндрические штифты диаметром от 0,6 до 50 мм (табл. 66), а СТ СЭВ 1487—78 — на закаленные гладкие цилиндрические штифты диаметром от 0,6 до 20 мм.

По СТ СЭВ 1484—78 насеченные цилиндрические штифты изготовляют диаметром от 1 до 16 мм (рис. 11, *д*), а по СТ СЭВ 1485—78 насеченные цилиндрические штифты с коническими насечками диаметром от 1,6 до 16 мм (рис. 11, *е*).

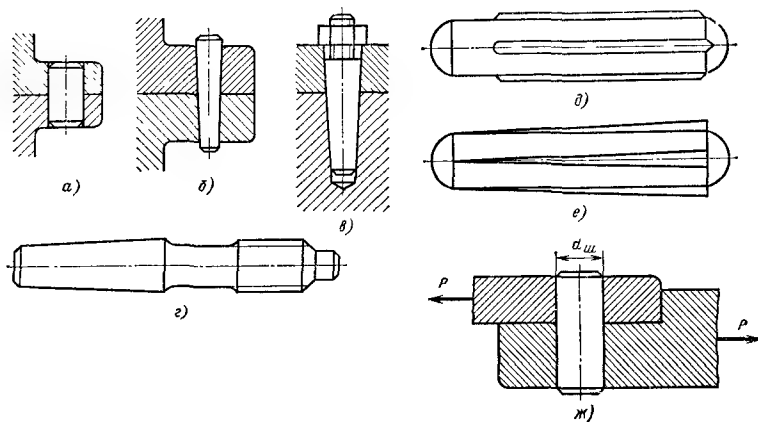


Рис. 11. Штифты и штифтовые соединения:

а — с гладким цилиндрическим штифтом; *б* — с гладким коническим штифтом; *в* — с коническим штифтом с резьбовой цапфой; *г* — штифт конический с резьбовой цапфой; *д* — штифт насечной цилиндрический; *е* — штифт насечной цилиндрический с коническими насечками; *ж* — расчетная схема

Гладкие конические штифты выпускают по СТ СЭВ 240—75 (рис. 11, *б*). Для удобства демонтажа конические штифты выполняют с резьбовой цапфой по СТ СЭВ 282—76 (рис. 11, *в*, *г*); для лучшей фиксации конические штифты выполняют разводными по СТ СЭВ 1488—78.

66. Штифты цилиндрические по СТ СЭВ 239—75

Размеры, мм

Тун 1

Тун 2

Тун 3

<i>d</i>	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20
<i>c</i>	0,3	0,5	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	1,6	2	2,5
<i>L</i>	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40
	5	6	8	10	12	14	20	25	30	36	45
	6	8	10	12	14	16	25	30	36	40	50
	8	10	12	14	16	20	30	36	40	45	55

Продолжение табл. 63

<i>d</i>	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20
<i>c</i>	0,3	0,5	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	1,6	2	2,5
<i>L</i>	10	12	14	16	20	25	36	40	45	50	60
	12	14	16	20	25	30	40	45	50	55	65
	14	16	20	25	30	36	45	50	55	60	70
	16	20	25	30	36	40	50	55	60	65	80
	20	25	30	36	40	45	55	60	65	70	90
	25	30	36	40	45	50	60	65	70	80	100
	30	36	45	50	55	60	70	80	90	100	120
	36	40	50	55	60	65	80	90	100	110	140
	40	45	55	60	65	70	90	100	110	120	160
		50	60	65	70	80	100	110	120	140	180
				70	80	90	110	120	140	160	200
				80	90	100	120	140	160	180	220
					100	110	140	160		200	250
						120	160			220	280
										250	
										280	

Диаметр установочного штифта принимают конструктивно. Диаметр крепежного штифта (рис. 11, ж) определяют из расчета на срез. Уравнение прочности штифта на срез

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{P}{\pi d_{\text{ш}}^2 / 4} \leq [\tau_{\text{ср}}],$$

где $\tau_{\text{ср}}$ — напряжение на срез; $[\tau_{\text{ср}}]$ — допускаемое напряжение на срез; $d_{\text{ш}}$ — диаметр штифта; P — сила, действующая на штифт.

Требуемый диаметр штифта

$$d_{\text{ш}} = 1,13 \sqrt{\frac{P}{[\tau_{\text{ср}}]}}.$$

ШПОНОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Шпонки служат для передачи вращающего (крутящего) момента от вала к ступице детали (шкива, зубчатого колеса и др.) или, наоборот, от ступицы к валу. Применяют призматические, сегментные, клиновые и тангенциальные шпонки.

Призматические шпонки:

обыкновенные и *высокие*, предназначенные для неподвижных соединений ступиц с валами; в табл. 67 и 68 приведены соответствующие размеры призматических шпонок и размеры сечений призматических шпонок и пазов по СТ СЭВ 189—75;

направляющие с креплением на валу по ГОСТ 8790—68, применяемые в случае, когда ступицы должны иметь возможность перемещения вдоль валов (рис. 12, а);

скользящие сборные по ГОСТ 12208—66, соединяющиеся со ступицей выступом (пальцем) цилиндрической формы и перемещающиеся вдоль вала вместе со ступицей (рис. 12, б).

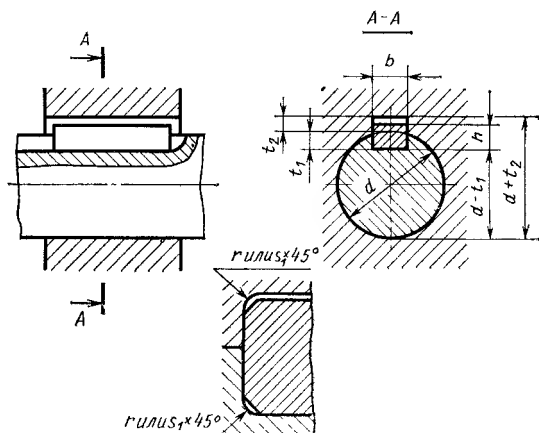
Сегментные шпонки (рис. 12, в) выполняют по СТ СЭВ 647—77 в виде сегмента, что делает их наиболее технологичными вследствие простоты фрезерования шпоночного паза, а также удобства

67. Размеры (мм) призматических шпонок по СТ СЭВ 189—76

Исполнение 1 Исполнение 2 Исполнение 3					
Ширина b	Высота h	Фаска $s \times 45^\circ$ или r		Интервалы длин l	
		не менее	не более	от	до
2	2	0,16	0,25	6	20
3	3			6	36
4	4			8	45
5	5	0,25	0,40	10	56
6	6			14	70
8	7			18	90
10	8	0,40	0,60	22	110
12	8			28	140
14	9			36	160
16	10			45	180
18	11			50	200
20	12	0,60	0,80	56	220
22	14			63	250
25	14			70	280
28	16			80	320
32	18			90	360
36	20	1,00	1,20	100	400
40	22			100	400
45	25			110	450
50	28			125	500
56	32	1,50	2,00	140	500
63	32			160	500
70	36			180	500
80	40	2,50	3,00	200	500
90	45			220	500
100	50			250	500

Примечание. Длины шпонок необходимо выбирать из ряда: 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220; 250; 280; 320; 360; 400; 450; 500 мм

68. Размеры (мм) сечений призматических шпонок и пазов по СТ СЭВ 189—77



Диаметр вала d	Размеры сечений шпонок		Глубина паза		Радиус закругления пазов r или фаска $s_1 \times 45^\circ$	
			вала	втулки		
	b	h	t_1	t_2	наим.	наиб.
От 6 до 8 Св. 8 » 10 » 10 » 12	2 3 4	2 3 4	1,2 1,8 2,5	1,0 1,4 1,8	0,08	0,16
Св. 12 до 17 » 17 » 22 » 22 » 30	5 6 8	5 6 7	3 3,5 4	2,3 2,8 3,3	0,16	0,25
Св. 30 до 38 » 38 » 44 » 44 » 50 » 50 » 58 » 58 » 65	10 12 14 16 18	8 8 9 10 11	5 5 5,5 6 7	3,3 3,3 3,8 4,3 4,4	0,25	0,4
Св. 65 до 75 » 75 » 85 » 85 » 95 » 95 » 110 » 110 » 130	20 22 25 28 32	12 14 14 16 18	7,5 9 9 10 11	4,9 5,4 5,4 6,4 7,4	0,4	0,6

Примечание. В стандарте даны размеры сечений шпонок и пазов для диаметров вала до 500 мм и шпонок сечением $b \times h$ до 100×50 мм.

сборки соединений. Однако относительно большая глубина шпоночного паза уменьшает прочность вала, что вызывает необходимость применять эти шпонки для передачи небольших моментов.

Клиновые шпонки (рис. 12, *з*) представляют собой самотормозящий клин с уклоном 1:100; их выполняют по СТ СЭВ 645—77. В отличие от призматических и сегментных клиновые шпонки создают напряженное соединение.

Тангенциальные шпонки (рис. 12, *д*) отличаются от клиновых шпонок тем, что натяг между валом и ступицей создается ими не в радиальном, а в касательном (тангенциальном) направлении; их выполняют по СТ СЭВ 646—77.

Подбор и проверка прочности шпонок. При проектировании шпоночного соединения ширину и высоту шпонок принимают по соответствующему стандарту в зависимости от диаметра вала. Для шпонки берут в зависимости от длины ступицы и согласуют со стандартом на шпонки. Затем производят поверочный расчет.

Поверочный расчет шпоночных соединений производят на смятие, поскольку напряжение среза для стандартных шпонок менее опасно.

Для призматической шпонки (см. эскизы к табл. 67 и 68)

$$\sigma_{см} = \frac{2M}{dF_{см}} = \frac{2M}{d(h-t_1)l_p} \leq [\sigma_{см}],$$

где M — передаваемый вращающий момент; d — диаметр вала в месте установки шпонки; $F_{см} = (h-t_1)l_p$ — площадь смятия; l_p — рабочая длина шпонки; для шпонки с плоскими торцами $l_p = l$; при скругленных торцах $l_p = l - b$; l — длина шпонки; b — ширина шпонки; t_1 — глубина паза вала; h — высота шпонки; $\sigma_{см}$, $[\sigma_{см}]$ — расчетное и допускаемое напряжения смятия.

Для сегментной шпонки (рис. 12, *в*)

$$\sigma_{см} = \frac{2M}{dl(h-t_1)} \leq [\sigma_{см}].$$

Для клиновой шпонки (рис. 12, *з*)

$$\sigma_{см} = \frac{12M}{bl_p(b+6fd)} \leq [\sigma_{см}],$$

где f — коэффициент трения между шпонкой и насаживаемой деталью.

ШЛИЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Шлицевые соединения представляют собой многшпоночные соединения, у которых шпонки, называемые шлицами или зубьями, выполнены за одно целое с валом.

В зависимости от формы профиля зубьев различают соединения: *прямобоочные* по СТ СЭВ 188—75 (табл. 69);

эвольвентные с углом профиля 30° по СТ СЭВ 268—76 и СТ СЭВ 269—76 (рис. 13);

треугольные (рис. 13, *в*).

Шлицевые соединения обеспечивают хорошее центрирование деталей на валу, а также передают большие мощности по сравнению со шпоночными соединениями. Шлицевые соединения выполняют подвижными и неподвижными.

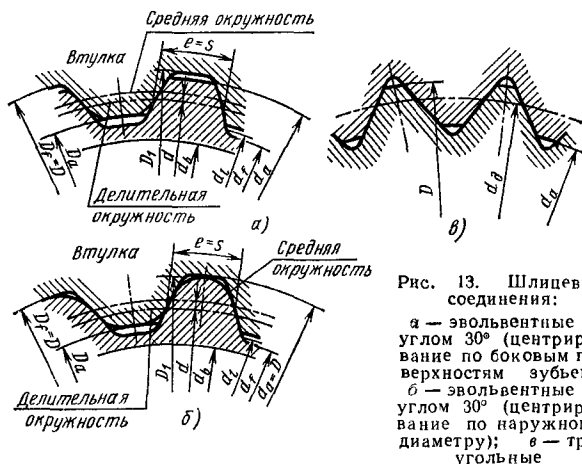


Рис. 13. Шлицевые соединения:

а — эвольвентные с углом 30° (центрирование по боковым поверхностям зубьев); б — эвольвентные с углом 30° (центрирование по наружному диаметру); в — треугольные

Число и размеры зубьев по их поперечному сечению принимают в зависимости от диаметра вала по соответствующему стандарту. Длина зубьев определяется длиной ступицы; в случае, если ступица подвижная — величиной ее перемещения. Поверочный расчет выполняют на смятие, которое для шлицевых соединений имеет решающее значение:

$$\sigma_{см} = \frac{2M}{\psi z d_c h l} \leq [\sigma_{см}],$$

где $\sigma_{см}$ — расчетное напряжение смятия на рабочих поверхностях зубьев; M — передаваемый крутящий момент; $\psi = 0,7 \div 0,8$ — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между зубьями; h — высота поверхности контакта зубьев; l — длина поверхности контакта зубьев, принимаемая равной длине ступицы; $[\sigma_{см}]$ — допускаемое напряжение на смятие для рабочих поверхностей зубьев; d_c — средний диаметр зубчатого соединения.

Для прямобочных зубьев (см. табл. 69)

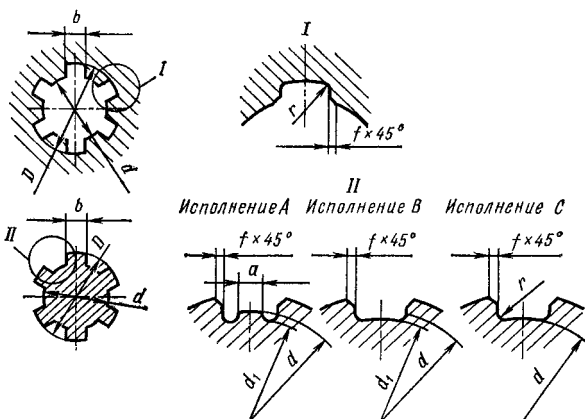
$$d_c = \frac{D+d}{2}, \quad h = \frac{D-d}{2} - 2f;$$

для зубьев эвольвентного профиля с центрированием по боковым поверхностям (рис. 13, а)

$$d_c = d = mz, \quad h = m = \frac{d}{z},$$

где d — диаметр делительной окружности; m — модуль зацепления;

69. Размеры (мм) шлицевых прямобоочных соединений по СТ СЭВ 183—75



Номинальный размер $z \times d \times D$	b	d_1 , не менее	a , не менее	f	r , не более
Легкая серия					
$6 \times 23 \times 26$	6	22,1	3,54	$0,3^{+0,2}$	0,2
$6 \times 26 \times 30$	6	24,6	3,85	$0,3^{+0,2}$	0,2
$6 \times 28 \times 32$	7	26,7	4,03	$0,3^{+0,2}$	0,2
$8 \times 32 \times 36$	6	30,4	2,71	$0,4^{+0,2}$	0,3
$8 \times 36 \times 40$	7	34,5	3,46	$0,4^{+0,2}$	0,3
$8 \times 42 \times 46$	8	40,4	5,03	$0,4^{+0,2}$	0,3
$8 \times 46 \times 50$	9	44,6	5,75	$0,4^{+0,2}$	0,3
$8 \times 52 \times 58$	10	49,7	4,89	$0,5^{+0,3}$	0,5
$8 \times 56 \times 62$	10	53,6	6,38	$0,5^{+0,3}$	0,5
$8 \times 62 \times 62$	12	59,8	7,31	$0,5^{+0,3}$	0,5
$10 \times 72 \times 78$	12	69,6	5,45	$0,5^{+0,3}$	0,5
$10 \times 82 \times 88$	12	79,3	8,62	$0,5^{+0,3}$	0,5
$10 \times 92 \times 98$	14	89,14	10,08	$0,5^{+0,3}$	0,5
$10 \times 102 \times 108$	16	99,9	11,49	$0,5^{+0,3}$	0,5
$10 \times 112 \times 120$	18	108,8	10,72	$0,5^{+0,3}$	0,5
Средняя серия					
$6 \times 11 \times 14$	3	9,9	—	$0,3^{+0,2}$	0,2
$6 \times 13 \times 16$	3,5	12,0	—	$0,3^{+0,2}$	0,2
$6 \times 16 \times 20$	4	14,54	—	$0,3^{+0,2}$	0,2
$6 \times 18 \times 22$	5	16,7	—	$0,3^{+0,2}$	0,2
$6 \times 21 \times 25$	5	19,5	1,95	$0,3^{+0,2}$	0,2
$6 \times 23 \times 28$	6	21,3	1,34	$0,3^{+0,2}$	0,2
$6 \times 26 \times 32$	6	23,4	1,65	$0,4^{+0,2}$	0,3
$6 \times 28 \times 34$	7	25,9	1,70	$0,4^{+0,2}$	0,3

Продолжение табл. 69

Номинальный размер $z \times d \times D$	b	d_i , не менее	a , не менее	f	r , не более
$8 \times 32 \times 38$	6	29,4	—	$0,4^{+0,2}$	0,3
$8 \times 36 \times 42$	7	33,5	1,02	$0,4^{+0,2}$	0,3
$8 \times 42 \times 48$	8	39,5	2,57	$0,4^{+0,2}$	0,3
$8 \times 46 \times 54$	9	42,7	—	$0,5^{+0,3}$	0,5
$8 \times 52 \times 60$	10	48,7	2,44	$0,5^{+0,3}$	0,5
$8 \times 56 \times 65$	10	52,2	2,5	$0,5^{+0,3}$	0,5
$8 \times 62 \times 72$	12	57,8	2,4	$0,5^{+0,3}$	0,5
$10 \times 72 \times 82$	12	67,4	—	$0,5^{+0,3}$	0,5
$10 \times 82 \times 92$	12	77,1	3,0	$0,5^{+0,3}$	0,5
$10 \times 92 \times 102$	14	87,3	4,5	$0,5^{+0,3}$	0,5
$10 \times 102 \times 112$	16	97,7	6,3	$0,5^{+0,3}$	0,5
$10 \times 112 \times 125$	18	106,3	4,4	$0,5^{+0,3}$	0,5
Тяжелая серия					
$10 \times 16 \times 20$	2,5	14,1	—	$0,3^{+0,2}$	0,2
$10 \times 18 \times 23$	3	15,6	—	$0,3^{+0,2}$	0,2
$10 \times 21 \times 26$	3	18,5	—	$0,3^{+0,2}$	0,2
$10 \times 23 \times 29$	4	20,3	—	$0,3^{+0,2}$	0,2
$10 \times 26 \times 32$	4	23,0	—	$0,4^{+0,2}$	0,3
$10 \times 28 \times 35$	4	24,4	—	$0,4^{+0,2}$	0,3
$10 \times 32 \times 40$	5	28,0	—	$0,4^{+0,2}$	0,3
$10 \times 36 \times 45$	5	31,3	—	$0,4^{+0,2}$	0,3
$10 \times 42 \times 52$	6	36,9	—	$0,4^{+0,2}$	0,3
$10 \times 46 \times 56$	7	40,9	—	$0,5^{+0,3}$	0,5
$16 \times 52 \times 60$	5	47,0	—	$0,5^{+0,3}$	0,5
$16 \times 56 \times 65$	5	50,6	—	$0,5^{+0,3}$	0,5
$16 \times 62 \times 72$	6	56,1	—	$0,5^{+0,3}$	0,5
$16 \times 72 \times 82$	7	65,9	—	$0,5^{+0,3}$	0,5
$20 \times 82 \times 92$	6	75,6	—	$0,5^{+0,3}$	0,5
$20 \times 92 \times 102$	7	85,5	—	$0,5^{+0,3}$	0,5
$20 \times 102 \times 115$	8	94,0	—	$0,5^{+0,3}$	0,5
$20 \times 112 \times 125$	9	104	—	$0,5^{+0,3}$	0,5
Примечание. z — число зубьев.					

для зубьев эвольвентного профиля с центрированием по наружному диаметру (рис. 13, б)

$$d_c = d = mz, \quad h = 0,9m = 0,9 \frac{d}{z},$$

для зубьев треугольного профиля (рис. 13, в)

$$d_c = d = mz, \quad h = \frac{D - d}{2}.$$

МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Передачей называется устройство, предназначенное для передачи энергии от двигателя к исполнительному механизму. Различают механические, пневматические, гидравлические и электрические передачи. Из механических передач наиболее распространенными являются передачи вращательного движения. По принципу действия они делятся на *передачи трением* и *передачи зацеплением*. К первым относятся ременные и фрикционные передачи; ко вторым — зубчатоременные, цепные, зубчатые и червячные.

РЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Ременной называется передача, осуществляемая гибкой связью (приводным ремнем). Достоинством ременных передач являются возможность осуществления передачи между валами, расположенными на относительно большом расстоянии; плавность и безударность работы передачи; простота устройства и обслуживания. К недостаткам передач относятся громоздкость; непостоянство передаточного отношения (за исключением зубчатоременных) из-за проскальзывания ремня; повышенное давление на валы и подшипники.

По форме поперечного сечения ремня различают передачи: *плоскоремные* (рис. 14, а), *клиноременные* (рис. 14, б), *полуклиноременные* (рис. 14, в), *круглоременные* (рис. 14, г), *зубчатоременные* (рис. 14, д).

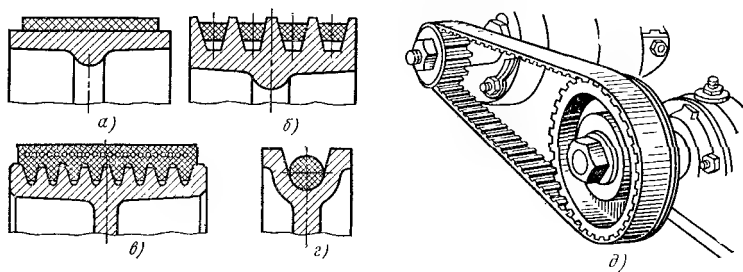


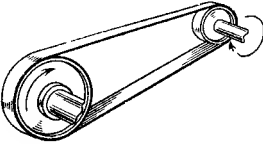
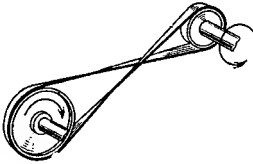
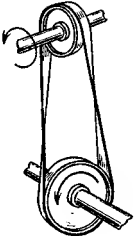
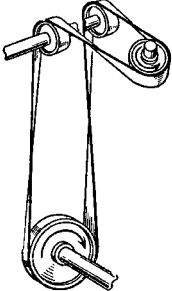
Рис. 14. Типы ременных передач

Плоскоремные передачи. Плоские ремни в поперечном сечении представляют собой прямоугольник, ширина которого значительно превосходит толщину. Используют кожаные, прорезиненные, хлопчатобумажные тканые, шерстяные тканые, пленочные ремни и др.

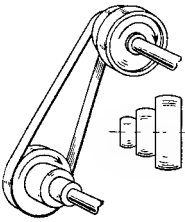
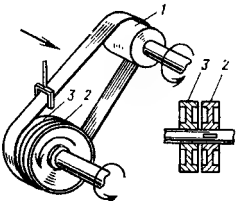
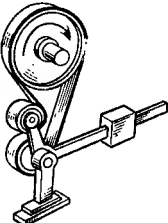
Ремни для быстроходных передач изготовляют бесконечными (замкнутыми). Концы обычных ремней соединяют сшиванием, склеиванием, скреплением специальными скрепками.

В табл. 70 приведены конструктивные разновидности плоскоремных передач, в табл. 71 — рекомендации по выбору приводных ремней в зависимости от условий работы.

70. Конструктивные разновидности плоскоременных передач

Виды передач	Схема	Особенности передачи
Открытые		С параллельными валами, вращающимися в одну сторону
Перекрестные		С параллельными валами, вращающимися в противоположные стороны
Полуперекрестные		С валами, вращающимися в одинаковом направлении:
Угловые		перекрещивающимися пересекающимися

Продолжение табл. 70

Виды передач	Схема	Особенности передачи
Со ступенчатыми шкивами		Позволяет изменять частоту вращения ведомого вала при постоянной частоте вращения ведущего вала
С холостым шкивом		Содержит на ведомом валу два шкива. Шкив 2 посажен на шпонку, шкив 3 свободно вращается на валу (холостой шкив). На ведущем валу посажен широкий шкив 1, позволяющий перемещать ремень с рабочего шкива 2 на холостой шкив 3 для остановки ведомого вала
С натяжным роликом		Обеспечивает автоматическое натяжение ремня по мере его вытягивания

71. Рекомендации по выбору приводного ремня в зависимости от условий работы

Условия работы	Виды приводных ремней			
	Прорезиненные	Кожаные	Хлопчатобумажные	Шерстяные
Передаваемая мощность	Высокая	Малая, средняя	Малая, средняя	Малая, средняя
Удельная тяговая способность	Высокая	Высокая	Средняя	Низкая
Наибольшая скорость обыкновенных ремней, м/с	15—30	40	30	20

Продолжение табл. 71

Условия работы	Виды приводных ремней			
	Прорезиненные	Кожанные	Хлопчатобумажные	Шерстяные
Резкие колебания рабочей нагрузки	Не рекомендуются	Весьма пригодны	Допустимы	Весьма пригодны
Допускаемые кратковременные перегрузки	На 20—30%	На 40—50%	На 30—40%	На 40—50%
Сохраняют начальное натяжение	Хорошо	Удовлетворительно	Недостаточно удовлетворительно	Удовлетворительно
Перекрестные передачи, отводки, шкивы ступенчатые или с закраинами (ребордами)	Пригодны ремни без обкладок	Весьма пригодны ремни растительного дубления	Не пригодны	Не пригодны
Допускаемая повышенная температура	Колебания до 60° С (ремни без обкладок)	До 50° С (ремни растительного и хромораствительного дубления)	Устойчивая до 50° С	Колебания до 60° С
Повышенная влажность	Пригодны ремни с двусторонней обкладкой	Пригодны ремни хорошо прожированные, склеенные специальным водостойким клеем	Не пригодны	Пригодны
Водяной пар	Пригодны ремни с обкладками	Пригодны ремни хромового дубления	Не пригодны	Пригодны
Едкие пары, газы	Пригодны ремни с двусторонней обкладкой	Не пригодны	Не пригодны	Пригодны
Кислоты	Пригодны ремни с обкладками	Пригодны ремни хромового дубления	Не пригодны	Пригодны
Щелочи	Не пригодны		Пригодны	Не пригодны
Бензин	Не пригодны		Допустимы	Пригодны
Пыль	Пригодны ремни без обкладок		Не рекомендуются	Пригодны

В табл. 72 приведены размеры плоских кожаных ремней по ГОСТ 18697—73; в табл. 73 — размеры и физико-механические показатели плоских хлопчатобумажных цельнотканых пропитанных ремней по ГОСТ 6982—75.

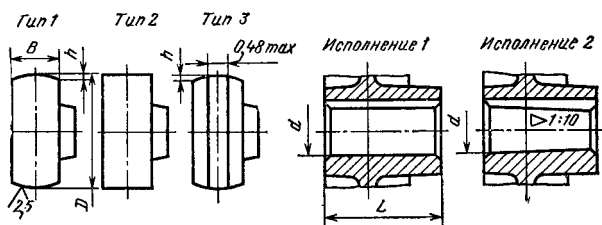
72. Размеры (мм) плоских кожаных ремней по ГОСТ 18697—73

Ширина ремней		Толщина ремней	
Номинал	Отклонение	одинарных	двойных
10; 16; 20; 25 32; 40; 50	± 2	От 3 до 3,5 » 3,5 » 4	—
63 71	± 2 ± 3	От 4 до 4,5	—
80; 90; 100; 112 125; 140	± 3	От 4,5 до 5 » 5 » 5,5	От 7,5 до 8 » 9 » 9,5
160; 180; 200; 224; 250; 280 355; 400; 450; 500; 560	± 4 ± 5	От 5,5 до 6	От 9,5 до 10

73. Размеры (мм) и физико-механические показатели плоских хлопчатобумажных цельнотканых пропитанных ремней ГОСТ 6982—75

Ширина	Толщина (отклонение $\pm 0,5$)	Разрывная нагрузка по основе, кгс, не менее		Удлинение в момент разрыва, %, не более
		полоски разме- ром 50×200	по всей ширине	
Ремни четырехслойные				
30 $\pm 2,0$	4,5	—	546	20
40 $\pm 2,0$		—	729	
50 $\pm 2,0$		—	911	
60 $\pm 3,0$		911	1093	
75 $\pm 3,0$		911	1365	
90 $\pm 3,0$		911	1565	
100 $\pm 3,0$		911	1822	
Ремни шестислойные				
50 $\pm 2,0$	6,5	—	1140	22
60 $\pm 3,0$		1140	1365	
75 $\pm 3,0$		1140	1710	
90 $\pm 3,0$		1140	2050	
100 $\pm 3,0$		1140	2275	
125 $\pm 4,0$		1140	2840	
150 $\pm 5,0$		1140	3410	
Ремни восьмислойные				
100 $\pm 3,0$	8,5	1490	2975	25
125 $\pm 4,0$		1490	3720	
150 $\pm 5,0$		1490	4460	
175 $\pm 5,0$		1490	5210	
200 $\pm 6,0$		1490	5950	
250 $\pm 6,0$		1490	7440	

74. Типы, исполнения и основные размеры шкивов по ГОСТ 17383—73, мм



D		В*1	Рекомендуемая ширина ремня b*2	D		В*1	Рекомендуемая ширина ремня b*2
Номинал	Отклонение			Номинал	Отклонение		
40	+0,5	16—40	10—32	280	±3,2	32—280	25—250
45 50	±0,6	16—50 16—63	10—40 10—50	315 355	±3,2	40—315 40—355	32—280 32—315
56 63	±0,8	16—63 16—71	10—50 10—63	400 450 500	±4,0	50—400 50—450 63—500	40—355 40—400 50—450
71 80	+1,0	16—80	10—71	560 630 710	±5,0	63—560 71—630 80—630	50—500 63—560 71—560
90 100 112	±1,2	16—90 16—100 16—112	10—80 10—90 10—100	800 900 1000	±6,3	90—630 100—630 112—630	80—560 90—560 100—560
125 140	±1,6	16—125 16—140	10—112 10—125	1120 1250 1400	±8,0	125—630 140—630 160—630	112—560 125—560 140—560
160 180 200	±2,0	20—160 20—180 25—200	16—140 16—160 20—180	1600 1800 2000	±10,0	180—630 200—630 224—630	160—560 180—560 200—560
224 250	±2,5	25—224 32—250	20—200 25—224				

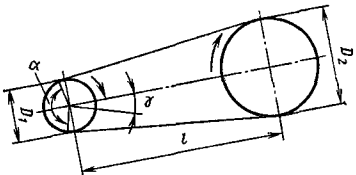
*1 Размер В в указанных пределах брать из ряда 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 280; 312; 355; 400; 450; 500; 560; 630 мм.

*2 Размер b в указанных пределах брать из ряда 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500; 560 мм.

Ременный шкив состоит из обода, несущего ремень; ступицы, монтируемой на валу со шпонкой; спиц или диска, соединяющего обод со ступицей. Обод шкива плоскоременной передачи выполняют либо цилиндрическим, либо выпуклым с целью центрирования ремня в средней плоскости шкива. Так как выпуклость на ободе уменьшает долговечность ремня, то обычно лишь один из шкивов (чаще всего меньший) делают выпуклым. Типы, исполнения и основные размеры шкивов по ГОСТ 17383—73 даны в табл. 74, выпуклость шкива h равна: 0,3 мм для $D = 40 \div 112$ мм; 0,4 мм для $D = 125 \div 140$ мм; 0,5 мм для D равного 180 и 160 мм; 0,6 мм для D равного 200 и 224 мм; 0,8 мм для D равного 250 и 280 мм; 1,0 мм для D равного 315 и 355 мм.

В табл. 75 приведены основные формулы для расчета плоскоременных передач, в табл. 76 — допустимые значения удельной окружной силы, в табл. 77—80 значения поправочных коэффициентов.

75. Основные формулы для расчета плоскоременных передач

	
Параметры и обозначения	Расчетные формулы и указания
Исходные данные: назначение и режим работы передачи; тип двигателя на ведущем валу; передаваемая мощность N , кВт. частота вращения соответственно ведущего и ведомого шкивов n_1 и n_2 , об/мин	
Диаметр ведущего (меньшего) шкива D_1 , м	$D_1 = 60v/(\pi n_1)$; $v \approx 10 \div 25$ м/с или $D_1 = (1100 - 1300) \sqrt[3]{N_1/n_1}$ (округляется до стандартного)
Диаметр ведомого (большого) шкива D_2 , м	$D_2 = i D_1$ (округляется до стандартного)
Передаточное отношение i	$i = \frac{n_1}{n_2}$
Межосевое расстояние (минимальное) $l_{\min}$, м	$l_{\min} \geq 2(D_1 + D_2)$

77. Коэффициент C_3

Рабочие машины	Нагрузка		Тип двигателя на ведущем валу					
	пусковая в % от нормаль- ной	рабочая	постоянного тока, асинхронный с корот- козамкнутым ротором			асинхронный с кон- тактными кольцами; трансмиссионные валы		
			Число смен работы					
			1	2	3	1	2	3
Класс машин I								
Небольшие вентиляторы и воздухоудувки. Насосы и компрессоры центробежные и ротационные. Токарные, сверлильные и шлифовальные станки. Ленточные транспортеры	До 120	Почти постоянная	1,0	0,9	0,8	0,9	0,8	0,7
Класс машин II								
Легкие трансмиссионные приводы. Фрезерные, зубофрезерные и револьверные станки. Поршневые насосы и компрессоры с относительно тяжелыми маховиками. Пластинчатые транспортеры	До 150	Незначительно колеблется	0,9	0,8	0,7	0,8	0,7	0,6
Класс машин III								
Реверсивные приводы. Строгальные, долбежные и зубодолбежные станки. Поршневые насосы и компрессоры с относительно легкими маховиками. Винтовые и скребковые транспортеры. Элеваторы. Винтовые и эксцентриковые прессы с относительно тяжелыми маховиками	До 200	Значительно колеблется	0,8	0,7	0,6	0,7	0,6	0,5
Класс машин IV								
Бегуны, глиномялки. Шаровые вальцовые мельницы. Эксцентриковые и винтовые прессы с относительно легкими маховиками. Ножицы, молоты, дробилки	До 300	Весьма неравномерная или ударная	0,7	0,6	0,5	0,6	0,5	0,4
Примечание. Для передачи с периодической нагрузкой или редко используемой максимальной мощностью двигателя значение C_3 можно повысить приблизительно на 20%.								

78. Коэффициент C_0

Вид передачи	Угол γ_0°		
	0—60	60—80	80—90
Самонатяжная (с автоматическим натяжением ремня)	1,0	1,0	1,0
Натяжная и простая открытая (с периодическим подтягиванием или перешивкой ремня)	1,0	0,9	0,8
Перекрестная	0,9	0,8	0,7

79. Коэффициент C_1

Угол обхвата α°	C_1	Угол обхвата α°	C_1
150	0,91	190	1,03
160	0,94	200	1,06
170	0,97	210	1,09
180	1,0	220	1,12

80. Коэффициент C_2

v , м/с	C_2	v , м/с	C_2
1	1,04	15	0,95
5	1,03	20	0,88
10	1,00	25	0,79
15	0,95		
Примечание. Для самонатяжных передач коэффициент $C_2 = 1$ при любой скорости.			

Клиноременные передачи по сравнению с плоскоременными имеют следующие преимущества: возможность получения больших передаточных отношений (до 7, реже до 10); относительно небольшие межосевые расстояния; увеличение тяговой способности из-за клиновой формы ремня; более высокую надежность и компактность.

Клиновые ремни имеют трапецидальную форму поперечного сечения. Бесконечные клиновые резиноканевые приводные ремни по ГОСТ 1284—68 ** изготавливают кордканевыми и кордшнуровыми. Первые следует применять при относительно больших диаметрах шкивов, вторые — при малых диаметрах шкивов, а также при высоких скоростях.

Ремни изготавливают семи типоразмеров; они различаются возрастающими размерами поперечного сечения (типы О, А, Б, В, Г, Д, Е). В табл. 81 приведены размеры сечений клиновых ремней. Расчетная ширина a_p соответствует приблизительно ширине ремня по нейтральной линии. Она остается неизменной при изгибе ремня на шкиве любого диаметра. Расчетная длина ремней (длина на уровне его расчетной ширины) приведена в табл. 82.

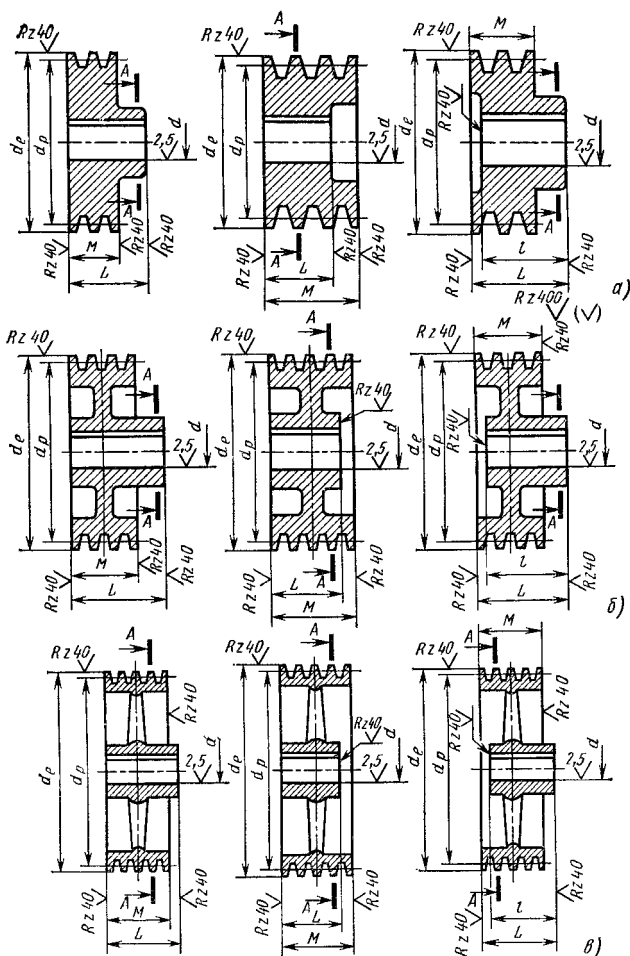


Рис. 15. Шкивы клиноременных передач:

a — монолитные соответственно по ГОСТ 20889—75, ГОСТ 20890—75, ГОСТ 20891—75; *б* — с диском и ступицей соответственно по ГОСТ 20892—75, ГОСТ 20893—75, ГОСТ 20894—75; *в* — со спицами и ступицей соответственно по ГОСТ 20895—75, ГОСТ 20896—75, ГОСТ 20897—75

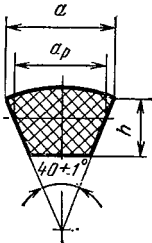
Шкивы клиноременной передачи обычно выполняют из серого чугуна или алюминиевых сплавов. Обод шкива имеет канавки клиновой формы (табл. 83), в которых помещают клиновые ремни. Монолитные шкивы (рис. 15, а) для приводных клиновых ремней сечением типов *О* и *А* выпускают по ГОСТ 20889—75, ГОСТ 20890—75, ГОСТ 20891—75; шкивы (рис. 15, б) с диском и ступицей для ремней сечением типов *О*, *А*, *Б*, *В*, *Г* по ГОСТ 20892—75, ГОСТ 20893—75, ГОСТ 20894—75; шкивы со спицами и ступицей для ремней сечением типов *О*, *А*, *Б*, *В* по ГОСТ 20895—75, ГОСТ 20896—75, ГОСТ 20897—75 (рис. 15, в).

В табл. 84 приведены основные формулы для расчета клиноременных передач; в табл. 85 дано значение мощности, передаваемой одним ремнем; в табл. 86 и 87 соответственно значения коэффициентов k_1 и k_2 ; в табл. 88 даны рекомендации по выбору сечения ремней.

Зубчатоременные передачи (рис. 14, д) сочетают преимущества плоскоременной и зубчатой передач. На рабочей поверхности ремней делают зубья, которые входят в зацепление с зубьями на шкивах. Зубчатые ремни изготавливают из маслостойких искусственных материалов или маслостойкой резины и армируют стальными проволочными тросами, воспринимающими основную нагрузку, передаваемую ремнем. Для ремней, работающих в легких условиях, вместо стальных тросов применяют полиамидный корд.

Зубчатые ремни устанавливают без предварительного натяжения; они работают без скольжения и бесшумно, более компактны.

81. Размеры (мм) сечений клиновых ремней по ГОСТ 1284—68 **

	Обозначение сечения	Расчетная ширина a_p	Ширина a	Высота (толщина) h
	<i>О</i>	8,5	10	7
	<i>А</i>	11	13	8
	<i>Б</i>	14	17	10,5
	<i>В</i>	19	22	13,5
	<i>Г</i>	27	32	19
	<i>Д</i>	32	38	23,5
	<i>Е</i>	42	50	30

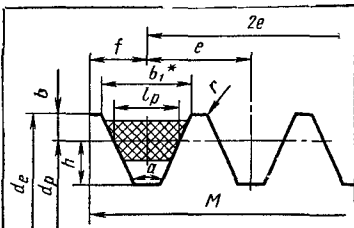
82. Расчетная длина клиновых ремней по ГОСТ 1284—68

Расчетная длина ремня *, мм	Сечение ремня						
	О	А	Б	В	Г	Д	Е
400; (425); 450; (475); 500; (530)							
560; (600); 630; (670); 710; (750)							
800; (850); 900; (950); 1000; (1060); 1120; (1180); 1250; (1320); 1400; (1500); 1600; (1700)							
1800; (1900); 2000; (2120); 2240; (2360); 2500							
(2650); 2800; (3000)							
3150; (3350); 3550; (3750); 4000							
(4250)							
4500; (4750); 5000; (5300); 5600; (6000)							
6300							
(6700); 7100; (7500); 8000; (8500); 9000; (9500); 10 000; (10 600)							
11 200; (11 800); (13 200); 14 000							
(15 000)							
16 000; (17 000); 18 000							
Разность между расчетной и внутренней длинами ремня $L - L_{вн}$	25	33	40	59	76	95	120

* Ремни, длины которых указаны в скобках, не являются предпочтительными.

83. Профиль канавок шкивов по ГОСТ 1284—68

Размеры, мм



l_p — расчетная ширина канавки шкива; d_p — расчетный диаметр шкива; α — угол канавки; M — ширина шкива (определяется по формуле $M = (n - 1)e + 2f$, где n — число ремней в передаче; e — расстояние между осями канавок; f — расстояние между осью крайней канавки и торцом шкива)

* Размер для справок.

Сечение ремня	l_p	b	n , не менее	e	f	r	$\alpha = 34^\circ$		$\alpha = 36^\circ$		$\alpha = 38^\circ$		$\alpha = 40^\circ$	
							d_p	b_1	d_p	b_1	d_p	b_1	d_p	b_1
О	8,5	2,5	7,0	$12,0 \pm 0,3$	$8,0 \pm 1$	0,5	63—71	10,0	80—100	10,1	112—160	10,2	≥ 180	10,3
А	11,0	3,3	8,7	$15,0 \pm 0,3$	$10,0 \pm \frac{2}{1}$	1,0	90—112	13,1	125—160	13,3	180—400	13,4	≥ 450	13,5
Б	14,0	4,2	10,8	$19,0 \pm 0,4$	$12,5 \pm \frac{2}{1}$	1,0	125—160	17,0	180—224	17,2	250—500	17,4	≥ 560	17,6
В	19,0	5,7	14,3	$25,5 \pm 0,5$	$17,0 \pm \frac{2}{1}$	1,5	—	—	200—315	22,9	355—630	23,1	≥ 710	23,3
Г	27,0	8,1	19,9	$37,0 \pm 0,6$	$24,0 \pm \frac{3}{1}$	2,0	—	—	315—450	32,5	500—900	32,8	≥ 1000	33,2
Д	32,0	9,6	23,4	$44,5 \pm 0,7$	$29,0 \pm \frac{4}{1}$	2,0	—	—	500—560	38,5	630—1120	38,9	≥ 1250	39,3
Е	42,0	12,5	30,5	$58,0 \pm 0,8$	$38,0 \pm \frac{5}{1}$	2,5	—	—	—	—	800—1400	50,6	≥ 1600	51,1

Примечание. Размеры b , b_1 и e не распространяются на шкивы сварные из листового материала и шкивы для полуперекрестных передач.

84. Основные формулы для расчета клиноременных передач

Параметры и обозначения	Расчетные формулы и указания
Мощность, передаваемая передачей N , кВт где N_0 — мощность, передаваемая одним ремнем (табл. 85); k_1 — коэффициент, зависящий от угла обхвата (табл. 87); k_2 — коэффициент, зависящий от характера нагрузки и режима работы (табл. 86); z — число ремней	$N = N_0 k_1 k_2 z,$
Сечение ремня	В зависимости от скорости и передаваемой мощности по табл. 88
Диаметр ведущего (меньшего) шкива D_1 , м	По табл. 85 в соответствии с передаваемой мощностью (округляется до стандартного)
Диаметр ведомого (большого) шкива D_2 , м	$D_2 = i D_1 (1 - \varepsilon),$ где ε — коэффициент скольжения (округляется до стандартного)
Передаточное отношение i	$i = \frac{n_1}{n_2}$
Межосевое расстояние l , м	Минимальное $l_{\min} = 0,55 (D_1 + D_2) + h$ (h по табл. 81) максимальное $l_{\max} = 2(D_1 + D_2)$
Угол обхвата α°	$\alpha = 180^\circ - \frac{D_2 - D_1}{l} 60^\circ$ (должен быть $\geq 150^\circ$)
Длина ремня L , м	$L = 2l + \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4l}$
Число ремней z	$z = \frac{N}{N_0 k_1 k_2}$ (округляется до целого)

85. Мощность N_0 , передаваемая одним ремнем (при угле обхвата 180°)

Сечение ремня	Расчетный диаметр меньшего шкива, мм	Мощность, кВт, при скорости ремня, м/с														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
О	63	0,08	0,15	0,23	0,29	0,36	0,42	0,49	0,56	0,62	0,69	0,75	0,82	0,90	0,96	1,03
	71	0,10	0,17	0,24	0,32	0,39	0,47	0,55	0,63	0,71	0,78	0,85	0,93	1,00	1,07	1,15
	80	0,11	0,20	0,29	0,37	0,45	0,53	0,61	0,69	0,77	0,85	0,92	1,00	1,07	1,15	1,21
	90 и более	0,12	0,21	0,31	0,41	0,49	0,58	0,67	0,76	0,85	0,93	1,03	1,11	1,19	1,27	1,33
А	90	0,22	0,37	0,52	0,66	0,74	0,88	1,03	1,10	1,25	1,33	1,40	1,47	1,54	1,62	1,69
	100	0,22	0,37	0,52	0,66	0,81	0,96	1,10	1,18	1,33	1,40	1,47	1,62	1,77	1,84	1,87
	112	0,22	0,37	0,52	0,66	0,81	0,96	1,10	1,25	1,40	1,47	1,54	1,69	1,84	1,99	2,03
	125 и более	0,29	0,44	0,59	0,74	0,96	1,10	1,25	1,40	1,54	1,69	1,84	1,99	2,06	2,20	2,29
Б	125	—	0,59	0,74	0,96	1,10	1,33	1,47	1,69	1,92	2,06	2,28	2,42	2,65	2,70	2,88
	140	—	0,66	0,81	1,08	1,25	1,40	1,62	1,84	2,06	2,23	2,42	2,65	2,80	3,02	3,16
	160	—	0,74	0,96	1,18	1,40	1,62	1,84	1,99	2,20	2,50	2,72	2,94	3,16	3,40	3,60
	180 и более	—	0,81	1,10	1,33	1,55	1,77	1,99	2,20	2,50	2,72	2,92	3,16	3,40	3,60	3,82
В	200	—	1,03	1,40	1,77	2,14	2,50	2,80	3,10	3,40	3,68	3,98	4,35	4,64	4,94	5,28
	224	—	1,10	1,62	2,06	2,42	2,88	3,16	3,54	3,90	4,27	4,64	5,00	5,38	5,67	5,97
	250	—	1,25	1,77	2,20	2,65	3,10	3,54	3,90	4,27	4,64	5,10	5,45	5,82	6,12	6,34
	280 и более	—	1,33	1,84	2,36	2,88	3,32	3,76	4,20	4,57	5,00	5,45	5,90	6,34	6,70	7,07
Г	315	—	—	—	—	4,71	5,45	6,25	7,00	7,65	8,45	9,19	9,70	10,20	10,70	11,02
	355	—	—	—	—	5,15	5,96	6,85	7,65	8,39	9,20	9,87	10,44	11,04	11,54	12,08
	400	—	—	—	—	5,59	6,48	7,38	8,24	9,19	10,08	10,90	11,54	12,20	12,88	13,52
	450 и более	—	—	—	—	6,10	6,94	7,93	8,90	9,92	10,98	11,78	12,50	13,32	13,90	14,56
Д	500	—	—	—	—	7,35	8,75	10,02	11,56	12,30	14,00	15,00	15,98	16,90	17,65	18,40
	560	—	—	—	—	8,45	9,87	11,25	12,60	13,90	15,25	16,40	17,45	18,40	19,20	20,00
	630	—	—	—	—	9,43	10,75	12,08	13,40	14,72	16,08	17,35	18,70	20,20	21,20	22,30
	710 и более	—	—	—	—	9,80	11,48	13,19	14,90	16,50	18,00	19,50	21,00	21,60	22,90	24,10
Е	800	—	—	—	—	11,75	13,80	15,90	17,90	19,80	21,80	23,70	25,60	27,50	29,30	31,00
	900	—	—	—	—	13,10	15,45	17,80	20,20	23,10	25,20	27,20	29,10	31,10	32,90	34,60
	1000 и более	—	—	—	—	14,35	16,90	19,50	22,10	24,60	27,20	29,80	32,00	34,20	36,40	38,20

Примечание. Мощности, приведенные в таблице, даны применительно к ремням с тяговым слоем на основе искусственных волокон. В случае применения синтетических волокон величины мощностей могут быть повышены на 1%.

86. Коэффициент K_2

Характер нагрузки	Машины	Тип электродвигателя								
		переменного тока однофазный, трех- фазный с пуском через автотранс- форматор или с переключением со звезды на тре- угольник; постоян- ного тока шунтовой			переменного тока с высоким пуско- вым моментом; постоянного тока компаундный			переменного тока короткозамкнутый с прямым пуском или с двойной беличьей клеткой; постоянного тока серийный		
		Число смен работы								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Легкая пусковая на- грузка до 120 % нормаль- ной. Почти постоянная рабочая нагрузка	Легкие электрические генераторы; центробежные и ротационные насосы и компрессоры; ленточные транспортеры; сверлильные, шли- фовальные станки; легкие грохоты, сепараторы	1,00	0,87	0,72	0,92	0,80	0,66	0,84	0,73	0,60
Пусковая нагрузка до 150 % нормальной. Незна- чительные колебания ра- бочей нагрузки	Электрические генераторы, порш- невые насосы и компрессоры с тре- мя и более цилиндрами; вентилято- ры и воздухоудувки; цепные транс- портеры; элеваторы; фрезерные, зубофрезерные, револьверные стян- ки, дисковые пилы для дерева; трансмиссии; тяжелые грохоты; пи- щевые машины	0,92	0,80	0,66	0,84	0,73	0,60	0,78	0,68	0,56

Характер нагрузки	Машины	Тип электродвигателя								
		переменного тока однофазный, трехфазный с пуском через автотрансформатор или с переключением со звезды на треугольник; постоянного тока шунтовой			переменного тока с высоким пусковым моментом; постоянного тока компаундный			переменного тока короткозамкнутый с прямым пуском или с двойной беличьей клеткой; постоянного тока серпесный		
		Число смен работы								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Пусковая нагрузка до 200 % нормальной. Значительные колебания рабочей нагрузки	Поршневые насосы и компрессоры с одним или двумя цилиндрами; вентиляторы и воздуходувки тяжелого типа; транспортеры винтовые, скребковые; дезинтеграторы; строгальные, долбежные, заточные станки, винтовые и эксцентровые прессы с относительно тяжелым маховиком	0,84	0,73	0,60	0,78	0,68	0,56	0,71	0,62	0,51
Пусковая нагрузка до 300 % нормальной. Весьма неравномерная и ударная рабочая нагрузка	Подъемники, экскаваторы; винтовые и эксцентровые прессы с относительно легким маховиком; ножицы; молоты; бегуны; глиномалки; шаровые, жерновые, вальцовые мельницы; дробилки, лесопильные рамы	0,78	0,68	0,56	0,71	0,62	0,51	0,61	0,53	0,44

87. Коэффициент k_1 угла обхвата

Угол обхвата α°	k_1	Угол обхвата α°	k_1
180	1,00	120	0,83
170	0,98	110	0,78
160	0,95	100	0,74
150	0,92	90	0,68
140	0,89	80	0,62
130	0,86	70	0,56

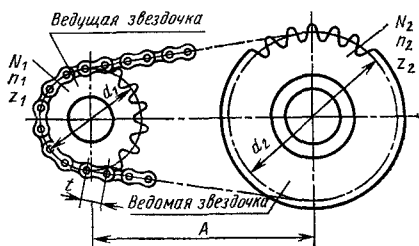
Примечание. Угол обхвата шкива ремнем при работе на двух шкивах вычисляют по формуле. Рекомендуется принимать угол обхвата шкива не менее 120° .

88. Рекомендации по выбору сечения ремня

Передаваемая мощность, кВт	Рекомендуемые сечения при скорости ремня, м/с			Передаваемая мощность, кВт	Рекомендуемые сечения при скорости ремня, м/с		
	До 5	5—10	Св. 10		До 5	5—10	Св. 10
До 1 Св. 1 до 2 » 2 » 4 » 4 » 7,5 » 7,5 до 15	О, А О, А, Б А, Б Б, В В	О, А О, А О, А, Б А, Б Б, В	О, А О, А О, А А, Б Б, В	Св. 15 до 30 » 30 » 60 » 60 » 120 » 120 » 200 Св. 200	— — — — —	В, Г Г, Д Д, Е —	В, Г В, Г Г, Д Г, Д Д, Е

ЦЕПНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

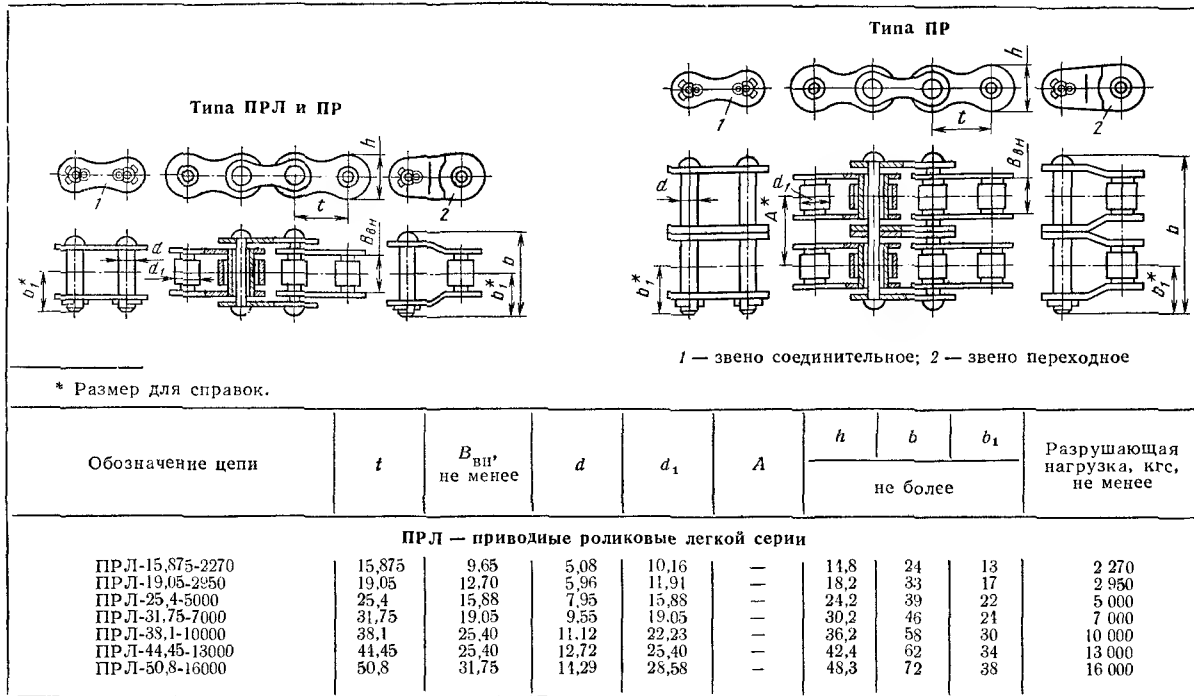
Цепной называется передача, состоящая из двух колес-звездочек, соединенных цепью. Вращение ведущей звездочки преобразуется во вращение ведомой благодаря сцеплению цепи с зубьями звездочек (рис. 16). Достоинствами цепных передач по сравнению с ременными являются отсутствие проскальзывания; компактность (занимают значительно меньше места по ширине); меньше нагруз-



16. Цепная передача

ки на валы и подшипники; постоянство передаточного отношения; недостатки: удлинение цепи вследствие износа ее шарниров и растяжения пластин; цепь состоит из отдельных звеньев и располагается на звездочке не по окружности, а по многограннику, что

89. Цепи роликовые одиорядные типа ПРЛ и ПР, двухрядные типа ПР
Размеры, мм



Обозначение цепи	t	B_{BH}^* не менее	d	d_1	A	h	b	b_1	Разрушающая нагрузка, кгс, не менее
						не более			
ПР — приводные роликовые нормальной серии									
ПР-8-460	8,0	3,0	2,31	5,0	—	7,5	12	7	460
ПР-9,525-910	9,525	5,72	3,28	6,35	—	8,5	17	10	910
ПР-12,7-900-1	12,7	2,4	3,66	7,75	—	10,0	8,7	—	900
ПР-12,7-900-2	12,7	3,3	3,66	7,75	—	10,0	12	7	900
ПР-12,7-1820-1	12,7	5,4	4,45	8,51	—	11,8	19	10	1 820
ПР-12,7-1820-2	12,7	7,75	4,45	8,51	—	11,8	21	11	1 820
ПР-15,875-2270-1	15,875	6,48	5,08	10,16	—	14,8	20	11	2 270
ПР-15,875-2270-2	15,875	9,65	5,08	10,16	—	14,8	24	13	2 270
ПР-19,05-3180	19,05	12,7	5,96	11,91	—	18,2	33	18	3 180
ПР-25,4-5670	25,4	15,88	7,95	15,88	—	24,2	39	22	5 670
ПР-31,75-8850	31,75	19,05	9,55	19,05	—	30,2	46	24	8 850
ПР-38,1-12700	38,1	25,4	11,1	22,23	—	36,2	58	30	12 700
ПР-14,45-17240	44,45	25,4	12,7	25,7	—	42,4	62	34	17 240
ПР-50,8-22680	50,8	31,75	14,29	28,58	—	48,3	72	38	22 680
ПР-63,5-35380	63,5	38,1	19,84	39,68	—	60,4	89	48	35 380
2ПР-12,7-3180	12,7	7,75	4,45	8,51	13,92	11,8	35	11	3 180
2ПР-15,875-4540	15,875	9,65	5,08	10,16	16,59	14,8	41	13	4 540
2ПР-19,05-7200	19,05	12,70	5,88	11,91	25,50	18,2	54	18	7 200
2ПР-25,4-11340	25,4	15,88	7,95	15,88	29,29	24,2	68	22	11 340
2ПР-31,75-17700	31,75	19,05	9,55	19,05	35,76	30,2	82	24	17 700
2ПР-38,1-25400	38,1	25,40	11,12	22,23	45,44	36,2	104	30	25 400
2ПР-44,45-34480	44,45	25,40	12,72	25,40	48,87	42,4	110	34	34 480
2ПР-50,8-45360	50,8	31,75	14,29	28,58	58,55	48,3	130	38	45 360

Примечание Допускается снижение разрушающей нагрузки переходных звеньев на 20%.

вызывает шум и дополнительные динамические нагрузки; затруднен подвод смазки к шарнирам цепи, что сокращает срок службы передачи.

Цепные передачи применяют при сравнительно больших межосевых расстояниях, когда зубчатые передачи невозможно использовать из-за их громоздкости, а ременные передачи — в связи с требованиями компактности или постоянства передаточного отношения.

Приводные цепи по конструкции различают: *роликовые, втулочные, зубчатые и фасоннозвенные.*

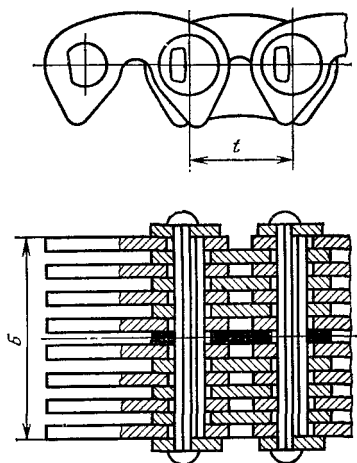


Рис. 17. Зубчатая цепь

По ГОСТ 13568—75 выпускаются однорядные роликовые цепи типа ПРЛ, ПР и двухрядные типа ПР (табл. 89), а также трехрядные и четырехрядные типа ПП. По ГОСТ 13568—75 поставляются втулочные цепи однорядные и двухрядные типа ПВ (табл. 90).

Тяговые пластинчатые цепи (втулочные и роликовые) выпускают по ГОСТ 588—74; СТ СЭВ 1011—78 распространяется на тяговые пластинчатые втулочные, роликовые и катковые цепи (катковые с гладкими катками с подшипниками скольжения и катковые с ребрами на катках с подшипниками скольжения), применяемые в подъемно-транспортных машинах и других механизмах.

Приводные зубчатые цепи (рис. 17) выпускают по ГОСТ 13552—68. Последние работают более плавно, с меньшим шумом, обеспечивают высокую кинематическую точность передачи за счет равномерного изменения шага в процессе работы, обладают повышенной надежностью вследствие отсутствия роликов и втулок.

Звездочки приводных роликовых и втулочных цепей выполняют по ГОСТ 591—69, звездочки для пластинчатых цепей — по ГОСТ 592—75, звездочки для зубчатых цепей — по ГОСТ 13576—68.

В табл. 91 даны основные формулы для расчета роликовой цепной передачи.

90. Цепи однорядные и двухрядные типа ПВ ($t = 9,525$ мм)

Размеры, мм

Однорядная

Двухрядная

* Размер для справок.

Обозначение цепи	$B_{\text{вн}}$ не менее	d	d_1	A	h	b	b_1	Разрушающая нагрузка, кгс, не менее
					не более			
ПВ-9,525-1100	7,60	3,59	5	—	8,80	18,5	10	1100
ПВ-9,525-1200	9,52	4,45	6	—	9,85	21,2	12	1200
2ПВ-9,525-1800	5,20	4,45	6	10,75	9,85	27,5	8,5	1800

91. Основные формулы для расчета роликовых и втулочных цепных передач

Параметры и обозначения	Расчетные формулы и указания
Передающее отношение i	$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1},$ где n_1 и z_1 — частота вращения и число зубьев ведущей (меньшей) звездочки; n_2 и z_2 — частота вращения и число зубьев ведомой (большей) звездочки (i должно быть ≤ 7)
Число зубьев звездочек z_1 и z_2	Для цепей с шагом до 25,4 мм число зубьев выбирают из ряда 9, 10, 11, 12, (13), 14, (15), 16, (17), 18, (19), 20, (22), 25, (28), 32, (36), 40, (45), 50, (56), 63, (71), 80. Следует отдавать предпочтение числам без скобок

Продолжение табл. 91

Параметры и обозначения	Расчетные формулы и указания
Частота вращения звездочки n_1 и n_2 , об/мин	Для ведомой звездочки $n_2 = n_1/i$
Шаг цепи t , мм	Выбирают в зависимости от частоты вращения ведущей звездочки или пользуясь зависимостью $t = \frac{A}{30 \div 50},$ где A — межосевое расстояние, мм
Скорость цепи (средняя) v , м/с	$v = \frac{znt}{60 \div 1000}.$ Обычно $v \leq 15-18$ м/с
Делительный диаметр звездочки d_d , мм	$d_d = \frac{t}{\sin \pi/z}$
Диаметр окружности выступов звездочки D_e , мм	$D_e = t \left(0,5 + \operatorname{ctg} \frac{\pi}{z} \right)$
Межосевое расстояние $A_{\min, \max}$, мм (минимальное и максимальное)	Минимальное при $i \leq 4$ $A_{\min} = 1,2 \frac{D_{e1} + D_{e2}}{2} + (30 \div 50) \text{ мм};$ максимальное $A_{\max} \approx 80t$
Число звеньев цепи m (при предварительно выбранном межосевом расстоянии A)	$m = \frac{2A}{t} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2 \frac{t}{A}$
Уточненное расчетное межосевое расстояние A , мм	$A = \frac{t}{4} \left[m - \frac{z_1 + z_2}{2} + \sqrt{\left(m - \frac{z_1 + z_2}{2} \right)^2 - 8 \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2} \right]$
Длина цепи L , мм	$L = mt$

ЗУБЧАТЫЕ И ЧЕРВЯЧНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Зубчатая передача в простейшем виде состоит из двух колес с зубьями, посредством которых они сцепляются друг с другом. Зубчатое колесо передачи с меньшим числом зубьев называется *шестерней*, а с большим числом — *колесом*. При одинаковом числе зубьев колес передачи шестерней называют ведущее колесо, а колесом ведомое. В обозначениях индекс 1 принимают для величин,

относящихся к шестерне, индекс 2 — для величин, относящихся к колесу; кроме того, индекс n — для величин, относящихся к нормальному сечению колеса (шестерни), индекс t — для величин, относящихся к окружному (торцовому) сечению.

Термины параметров нормального исходного контура и нормального исходного производящего контура, выраженных в долях модуля нормального исходного контура, образуют добавлением слова «коэффициент» перед термином соответствующего параметра и знака *, например коэффициент радиального зазора пары исходных контуров C^* .

Достоинствами зубчатых передач являются постоянное передаточное отношение, высокий коэффициент полезного действия, на-

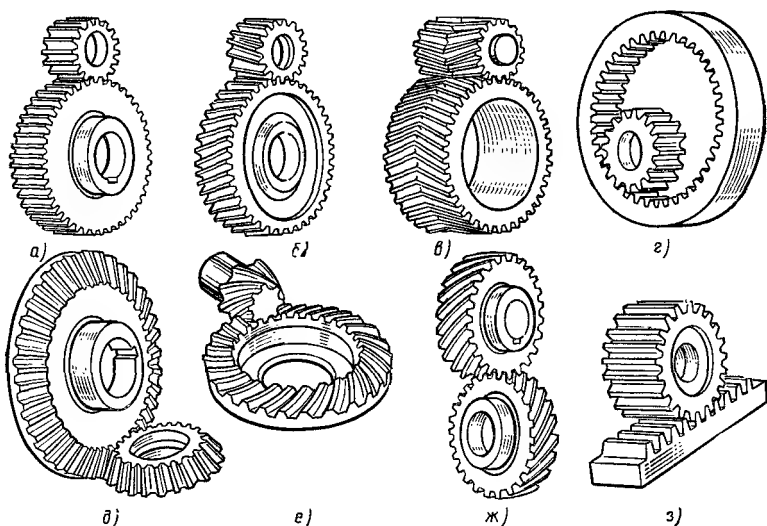


Рис. 18. Зубчатые передачи

дежность, простота и относительно неограниченный диапазон передаваемой мощности, малые габариты. К недостаткам передач относятся сравнительная сложность изготовления, требующая специального оборудования и инструмента, повышенный шум при высоких скоростях, вследствие неточности изготовления, необходимость точного монтажа.

По взаимному расположению осей ведущего и ведомого валов различают: зубчатые передачи цилиндрическими колесами с параллельными осями валов (рис. 18, а—г); зубчатые передачи коническими колесами с пересекающимися осями валов (рис. 18, д, е); передачи винтовыми колесами со скрещивающимися осями валов (рис. 18, ж); передачи шестерней и рейкой для преобразования вращательного движения в поступательное или наоборот (рис. 18, з).

По расположению зубьев относительно образующей колеса передачи бывают *прямозубые* (рис. 18, а, г, д, з), *косозубые* (рис. 18, б), *шевронные* (рис. 18, в), *криволинейные* (рис. 18, е).

По относительному вращению колес и расположению зубьев передачи делят на зубчатые передачи *внешнего зацепления*, у которых колеса вращаются в противоположные стороны; на зубчатые передачи с *внутренним зацеплением*, у которых колеса вращаются в одном направлении (рис. 18, г).

Исходный контур цилиндрических эвольвентных зубчатых колес. СТ СЭВ 308—76 устанавливает нормальный номинальный исходный контур зубчатых колес с модулем от 1 мм и более. Под исходным контуром колес подразумевают контур зубьев рейки в нормальном к направлению зубьев сечении. Форма и размеры исходного контура должны соответствовать рис. 19.

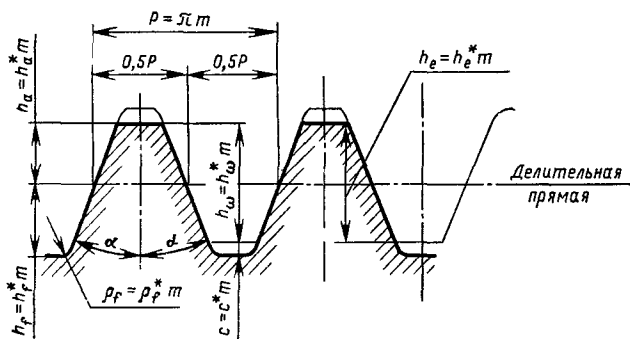


Рис. 19. Исходный контур

Основные элементы зубчатого зацепления. ГОСТ 16530—70 и ГОСТ 16531—70 устанавливают термины, определения и обозначения для зубчатых передач.

Основные элементы зубчатого зацепления показаны на рис. 20 на примере прямозубой цилиндрической передачи с эвольвентным торцовым профилем зуба.

Смещение колес зубчатых передач с внешним зацеплением. Смещение инструмента для цилиндрических и конических зубчатых передач при $z_1 \neq z_2$ рекомендуется производить для повышения прочности зубьев на изгиб, снижения контактного напряжения на их поверхности и уменьшения износа за счет относительного скольжения профилей.

На рис. 21 показано три положения производящего реечного контура относительно заготовки:

номинальное положение (рис. 21, а), при котором делительная прямая рейка касается делительной окружности колеса; колесо, зубья которого образованы при номинальном положении исходной производящей рейки, называют колесом без смещения;

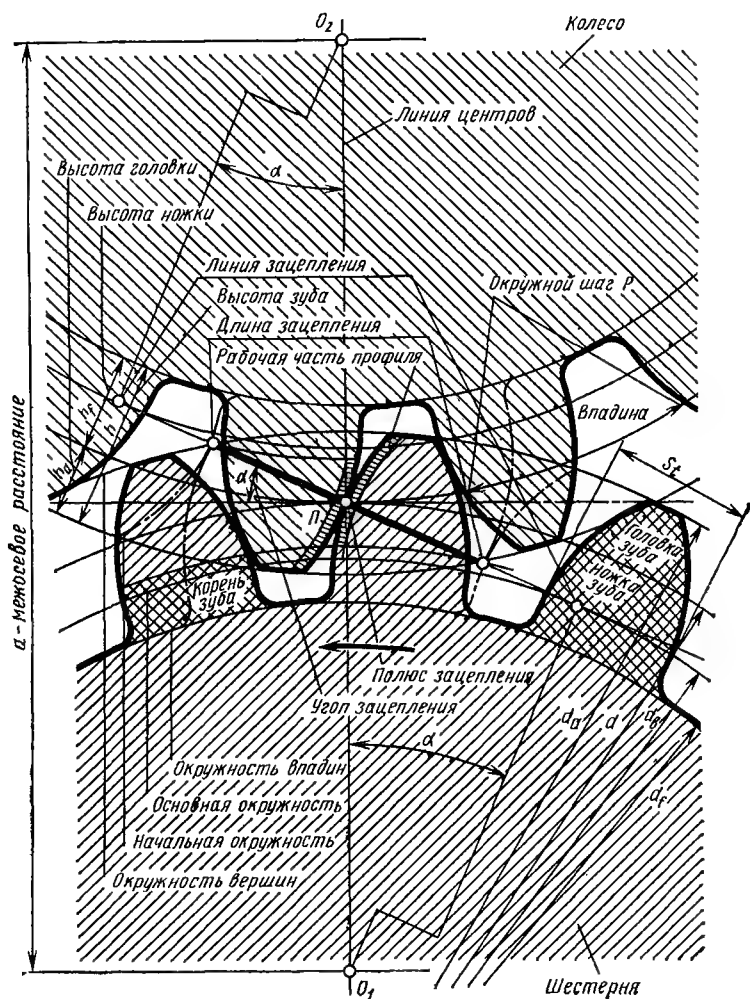


Рис. 20. Элементы зубчатого зацепления

положение с отрицательным смещением (рис. 21, б), при котором делительная прямая исходного контура пересекает делительную окружность зубчатого колеса (коэффициент смещения $x < 0$);

положение с положительным смещением (рис. 21, в), при котором делительная прямая исходного контура не пересекает и не соприкасается с делительной окружностью колеса (коэффициент смещения $x > 0$).

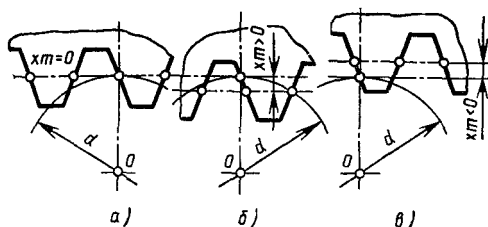


Рис. 21. Схемы смещения колес зубчатых передач

Расчет зубчатых передач. В табл. 92 приведены формулы для расчета прямозубой передачи внешнего зацепления без смещения; в табл. 93 — ряд модулей зубчатых зацеплений (предпочтительным является ряд 1 по СТ СЭВ 310—76); в табл. 94 — формулы для расчета косозубой передачи без смещения; в табл. 95 — формулы для расчета конической передачи с прямыми зубьями без смещения; в табл. 96 — формулы для расчета реек.

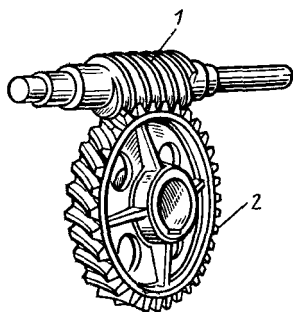


Рис. 22. Червячная передача

Червячная передача состоит из винта 1 (рис. 22), называемого червяком, и сцепляющегося с ним червячного колеса 2, представляющего собой разновидность косозубого колеса. Червячные передачи относятся к зубчатовинтовым. Достоинствами червячной передачи являются возможность получения больших передаточных отношений в одной паре (для силовых передач $i = 10 \div 80$, для делительных механизмов до 500), плавность зацепления и бесшумность работы, возможность самоторможения, малые габариты. Недостатками передачи являются сравнительно низ-

кий КПД, ограниченная передаваемая мощность, сильный нагрев при продолжительной работе.

Различают два основных вида червячных передач: *цилиндрические червячные передачи*, называемые также просто червячными передачами (с цилиндрическими червяками), и *глобоидальные передачи* (с глобоидальными червяками).

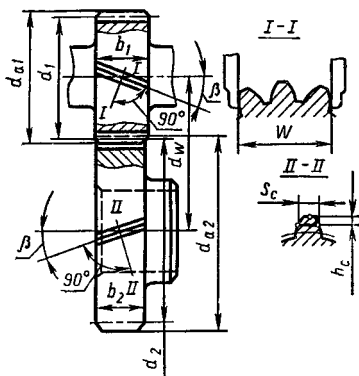
92. Формулы расчета прямозубой передачи внешнего зацепления без смещения
Размеры, мм

Параметры и обозначения	Расчетные формулы и указания
Число зубьев шестерни z_1 Число зубьев колеса z_2	Задают или выбирают в соответствии с расчетом зубьев на прочность, требованием кинематики и конструктивными соображениями
Модуль m	Определяют расчетом на прочность и округляют до ближайшего большего по СТ СЭВ 310—76 (табл. 93)
Угол профиля α°	Нормальный исходный контур ($\alpha=20^\circ$)
Делительный диаметр d	$d_1 = z_1 m;$ $d_2 = z_2 m$
Межосевое расстояние a	$a = \frac{(z_1 + z_2) m}{2}$
Диаметр вершин зубьев d_a	$d_{a1} = d_1 + 2m;$ $d_{a2} = d_2 + 2m$
Диаметр впадин d_f (справочный размер)	$d_{f1} = d_1 - 2(c + m);$ $d_{f2} = d_2 - 2(c + m);$ где c — радиальный зазор.
Постоянная хорда $\bar{S}_c$ Высота до постоянной хорды $\bar{h}_c$	$\bar{S}_c = \bar{S}_{c2} = 1,387m;$ $\bar{h}_c = \bar{h}_{c2} = 0,748m$

93. Ряд модулей зубчатых зацеплений по СТ СЭВ 310—76
Размеры, мм

Ряд 1	Ряд 2	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 1	Ряд 2
0,05	—	0,5	—	5	—	50	—
—	0,055	—	0,55	—	5,5	—	55
0,06	—	0,6	—	6	—	60	—
—	0,07	—	0,7	—	7	—	70
0,08	—	0,8	—	8	—	80	—
—	0,09	—	0,9	—	9	—	90
0,1	—	1	—	10	—	100	—
—	0,11	—	1,125	—	11	—	—
0,12	—	1,25	—	12	—	—	—
—	0,14	—	1,375	—	14	—	—
0,15	—	1,5	—	16	—	—	—
—	0,18	—	1,75	—	18	—	—
0,2	—	2	—	20	—	—	—
—	0,22	—	2,25	—	22	—	—
0,25	—	2,5	—	25	—	—	—
—	0,28	—	2,75	—	28	—	—
0,3	—	3	—	32	—	—	—
—	0,35	—	3,5	—	36	—	—
0,4	—	4	—	40	—	—	—
—	0,45	—	4,5	—	45	—	—

4. Формулы расчета косозубой передачи без смещения

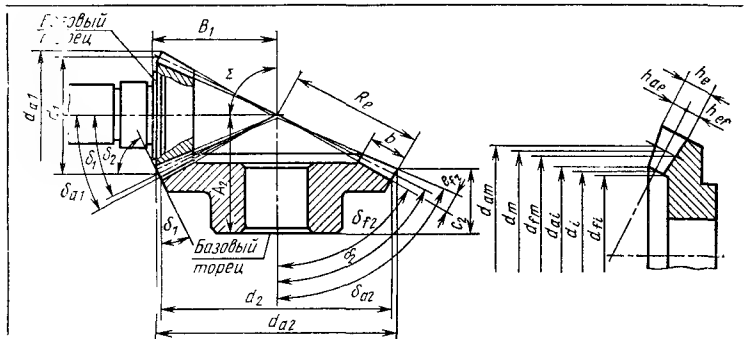


Параметры и обозначения	Расчетные формулы и указания
Исходные данные	$m_n, z_1, z_2, a, b_1, b_2, \alpha$
Если межосевое расстояние не входит в исходные данные, то	$a = \frac{m_n (z_1 + z_2)}{2 \cos \beta},$ где m_n — нормальный модуль зубьев
Угол наклона линии зуба β°	$\cos \beta = \frac{m_n (z_1 + z_2)}{2a}$
Окружной (торцовый) модуль	$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta}$
Делительный диаметр d	$d_1 = m_t z_1;$ $d_2 = m_t z_2$
Диаметр вершин зубьев d_a	$d_{a1} = d_1 + 2m_n;$ $d_{a2} = d_2 + 2m_n$

Продолжение табл. 94

Параметры и обозначения	Расчетные формулы и указания
Постоянная хорда $\bar{S}_c$	$\bar{S}_c = \left(\frac{\pi}{2} \cos^2 \alpha \right) m_n,$ где $\alpha = 20^\circ$
Высота до постоянной хорды $\bar{h}_c$	$\bar{h}_c = 0,5 (d_a - d - \bar{S}_c) \operatorname{tg} \alpha,$ где $\alpha = 20^\circ$
Расчет длины общей нормали	
Условное число зубьев z_k	$z_{k1} = K z_1, \quad z_{k2} = K z_2, \quad K = 1,047.$ Если $\beta = 0$, то $z_k = z$
Часть длины общей нормали W_T^* , определяемая целой частью z_T величины z_k , выраженная в долях модуля	$W_{T1}^* \text{ и } W_{T2}^*;$ $W_T = [\pi (z_n - 0,5) + z_T \operatorname{inv} \alpha] \cos \alpha.$ Здесь z_n — округленное до ближайшего целого числа значение z_{nr}: $z_{nr} = \frac{\alpha_{xk} z_k}{180} + 0,5; \quad \cos \alpha_{xk} = \frac{z_k \cos \alpha}{z_k + 2x}$
Часть длины общей нормали, определяемая дробной частью величины z_k , выраженная в долях модуля	$W_{n1}^* = z_{k1} - z_{T1}^*;$ $W_{n2}^* = z_{k2} - z_{T2}^*.$ Если $\beta = 0$, то $W_n^* = 0$
Длина общей нормали W	$W_1 = (W_{T1}^* + W_{n1}^*) m;$ $W_2 = (W_{T2}^* + W_{n2}^*) m.$ Для косозубых зубчатых колес должно выполняться дополнительное условие $W < \frac{b}{\sin \beta_b},$ где b — ширина венца; $\sin \beta_b = \sin \beta \cos \alpha$

95. Формулы расчета конической передачи с прямыми зубьями без смещения



Линейные размеры, мм

Параметры и обозначения	Расчетные формулы и указания
Исходные данные	
Число зубьев z_1, z_2	Задают или выбирают в соответствии с расчетом зубьев на прочность, требованием кинематики и по конструктивным соображениям
Внешний окружной модуль m_e	Определяют из расчета на прочность (при нарезании на зубострогальных станках модули можно выбирать нестандартными и дробными)
Межосевой угол передачи Σ	По конструктивным соображениям
Внешний торцовый исходный контур	по СТ СЭВ 308—76
Число зубьев плоского колеса z_c	$z_c = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$
Внешнее конусное расстояние R_e	$R_e^* = 0,5m_e z_c$
Ширина зубчатого венца b	$b \leq 0,3R_e$; $b \leq 10m_e$
Среднее конусное расстояние R_m	$R_m = R_e - 0,5b$
Средний окружной модуль m_m	$m_m = m_e \frac{R_m}{R_e}$
Средний делительный диаметр d_m	$d_{m1} = m_m z_1$; $d_{m2} = m_m z_2$

Продолжение табл. 95

Параметры и обозначения	Расчетные формулы и указания
Угол делительного конуса δ	$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{z_1}{z_2}; \quad \delta_2 = 90^\circ - \delta_1;$ $\sin \delta_1 = \cos \delta_2; \quad \cos \delta_1 = \sin \delta_2$
Передаточное число u	$u = \frac{z_2}{z_1};$ при $u < 2,5$ не изменяется толщина зуба исходного контура
Внешняя высота головки зуба h_{ae}	h_{ae} при $h^* = 1$
Внешняя высота ножки зуба h_{fe}	$h_f = h_{ae} + 0,2m_e$
Внешняя высота зуба h_e	$h_e = h_{ae} + h_{e1}$
Внешняя окружная толщина зуба s_e	$s_e = 0,5\pi m_e$
Угол ножки зуба θ_f	$\operatorname{tg} \theta_f = \frac{h_f}{R_e}$
Угол головки зуба θ_a	$\theta_a = \theta_f$
Угол конуса вершин δ_a	$\delta_{a1} = \delta_1 + \theta_a; \quad \delta_{a2} = \delta_2 + \theta_a$
Угол конуса впадин δ_f	$\delta_{f1} = \delta_1 - \theta_f;$ $\delta_{f2} = \delta_2 - \theta_f$
Внешний делительный диаметр d_e	$d_{e1} = m_e z_1;$ $d_{e2} = m_e z_2$
Внешний диаметр вершин зубьев d_{ae}	$d_{ae1} = d_{e1} + 2h_{ae} \cos \delta_1;$ $d_{ae2} = d_{e2} + 2h_{ae} \cos \delta_2$
Расстояние от вершины до плоскости внешней окружности вершин зубьев B	$B_1 = 0,5d_{e2} - h_{ae} \sin \delta_1;$ $B_2 = 0,5d_{e1} - h_{ae} \sin \delta_2$
Внешняя постоянная хорда зуба $\bar{S}_{ce}$	$\bar{S}_{ce} = 0,883s_e$
Высота до внешней постоянной хорды $\bar{h}_{ce}$	$h_{ce} = h_{ae} - 0,1607s_e$
Половина внешней угловой толщины ψ_e , рад*	$\psi_{e1} = \frac{s_e \cos \delta_1}{d_{e1}}; \quad \psi_{e2} = \frac{s_e \cos \delta_2}{d_{e2}}$

Продолжение табл. 95

Параметры и обозначения	Расчетные формулы и указания
Внешняя делительная толщина зуба по хорде $\bar{S}_e$	$\bar{S}_{e1} = \frac{d_{e1}}{\cos \delta_1} \sin \psi_{e1}; \quad \bar{S}_{e2} = \frac{d_{e2}}{\cos \delta_2} \sin \psi_{e2}$
Высота до внешней делительной хорды зуба $\bar{h}_{ae}$	$\bar{h}_{ae1} = h_{ae} + 0,25s_{e1}\psi_{e1};$ $\bar{h}_{ae2} = h_{ae} + 0,25s_{e2}\psi_{e2}$
* 1 рад = 57°17'44".	

96. Формулы для расчета реек

Параметры и обозначения	Расчетные формулы
Угол профиля зуба рейки α	$\alpha = 20^\circ$
Угол наклона зуба β	β рекомендуется принимать не более 20°
Модуль нормальный m_n	m_n принимается конструктивно и определяется расчетом
Модуль основной (торцовый) m_t	$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta}$
Шаг нормальный p_n	$p_n = \pi m_n$
Шаг торцовый p_t	$p_t = \frac{p_n}{\cos \beta}$
Высота головки зуба h_a	$h_a = m_n$
Высота зуба h (размер справочный)	$h = 2,25m_n$
Ширина рейки b	$b = (2 \div 10) m_n$
Длина косо́го зуба b_1	$b_1 = \frac{b}{\cos \beta}$
Линейное перемещение рейки L , соответствующее углу поворота колеса или червяка γ	$L = \frac{\gamma p_t z}{360^\circ}$ (z — число зубьев колеса или число заходов червяка)
Угол поворота колеса γ , соответствующий перемещению рейки на величину L	$\gamma = L \frac{360^\circ}{p_t z}$

ГОСТ 18498—73 устанавливает термины, обозначения и определения червячных передач. При буквенных обозначениях червяку присваивается индекс 1, колесу — индекс 2.

Схема и основные элементы червячной передачи показаны на рис. 23. ГОСТ 19672—74* (СТ СЭВ 267—76) предусматривает следующие модули m цилиндрических червячных передач в мм, определяемых в осевом сечении червяка:

1-й ряд: 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20

2-й ряд: 3; 3,5; 6; 7; 12.

(ГОСТ предусматривает $m < 2$ мм)

Коэффициенты диаметра червяка q :

1-й ряд: 8; 10; 12,5; 16; 20; 25

2-й ряд: 7,1; 9; 11,2; 14; 18; 22

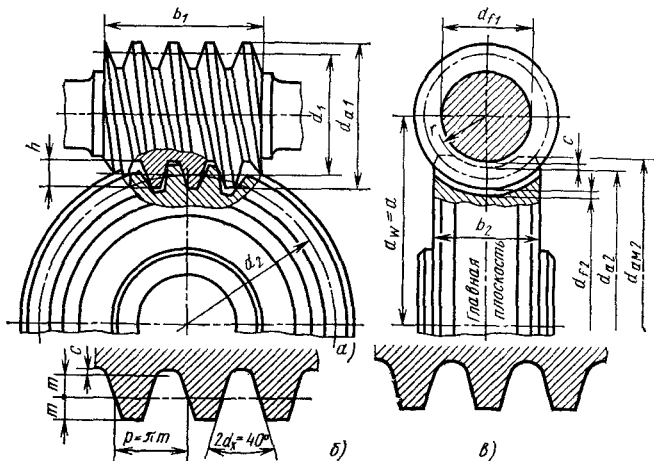


Рис. 23. Элементы червячной передачи

1-й ряд следует предпочитать 2-му.

ГОСТ 18598—73 и ГОСТ 19036—73 предусматривают следующие основные виды цилиндрических червяков:

архимедов червяк (ZA) с углом профиля в осевом сечении $\alpha_x = 20^\circ$;

эвольвентный червяк (ZI) с углом профиля α_n в нормальном сечении зуба рейки, сопряженной с червяком;

с прямолинейным профилем витка (ZN1), с углом профиля в нормальном сечении витка червяка $\alpha_{n\tau} = 20^\circ$;

с прямолинейным профилем впадины (ZN2), с углом профиля в нормальном сечении впадины $\alpha_{ns} = 20^\circ$;

цилиндрический, образованный конусом (ZK1), с углом профиля конической производящей поверхности $\alpha_0 = 20^\circ$.

Число зубьев червячного колеса z_2 выбирают в зависимости от передаточного отношения и числа заходов червяка. В силовых передачах следует стремиться к такой заходности червяка, чтобы $z_2 = 30 \div 70$.

В табл. 97 приведены формулы для расчета цилиндрической червячной передачи; в табл. 98 — формулы для расчета длины нарезанной части червяка.

97. Формулы расчета цилиндрической червячной передач по ГОСТ 19650—74

Параметры и обозначения	Формулы и указания
Исходные данные	
Модуль m Коэффициент диаметра червяка q Число витков червяка z_1 Вид червяка ZA или ZI, ZN1, ZN2, ZK1	
Исходный червяк по ГОСТ 19036—73	
Угол профиля α_x или $\alpha_n, \alpha_n T, \alpha_s, \alpha_0$ Коэффициент высоты витка h^* Коэффициент высоты головки h_a^* Коэффициент расчетной толщины S^* Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой ρ_f^* Межосевое расстояние a_w Коэффициент смещения червяка x Передаточное число u	
Примечания: 1. Межосевое расстояние a_w входит в состав исходных данных, если его значение задано. 2. Коэффициент смещения червяка x входит в состав исходных данных, если значение межосевого расстояния a_w не задано.	
Расчет геометрических параметров	
Число зубьев червячного колеса z_2	$z_2 = uz_1$; округляется до ближайшего целого числа; допускается изменение величины z_2 , после чего уточняется окончательное значение u
Коэффициент смещения червяка x	$x = \frac{a_w}{m} - 0,5(z_2 + q).$ Коэффициент смещения червяка рекомендуется принимать в пределах $1 \geq x \geq -1$
Межосевое расстояние a_w	$a_w = 0,5(z_2 + q + 2x)m$
Расчет диаметров червяка и червячного колеса	
Делительный диаметр: червяка d_1 колеса d_2	$d_1 = qm$ $d_2 = z_2 m$
Начальный диаметр червяка d_{w1}	$d_{w1} = (q + 2x)m$
Делительный угол подъема γ	$\operatorname{tg} \gamma = \frac{z_1}{q}$
Начальный угол подъема γ_w	$\operatorname{tg} \gamma_w = \frac{z_1 m}{d_{w1}}$

Продолжение табл. 97

Параметры и обозначения	Формулы и указания
Основной угол подъема γ_b	$\cos \gamma_b = \cos \alpha_n \cos \gamma$
Основной диаметр червяка d_b	$d_b = \frac{z_1 m}{\operatorname{tg} \gamma_b}$
Высота витка червяка h_1	$h_1 = h^* m$
Высота головки витка червяка h_{a1}	$h_{a1} = h_a^* m$
Диаметр вершин: витков червяка d_{a1} зубьев колеса d_{a2}	$d_{a1} = d_1 + 2h_a^* m$ $d_{a2} = d_2 + 2(h_a^* + x)m$
Наибольший диаметр червячного колеса d_{am2}	$d_{am2} \leq d_{a2} + \frac{6m}{z_1 + 2}$
Расчет размеров, характеризующих форму нарезанной части червяка и венца червячного колеса	
Радиус кривизны переходной кривой червяка ρ_{f1}	$\rho_{f1} = \rho_f^* m$
Длина нарезанной части червяка b_1	По табл. 98
Ширина венца червячного колеса b_2	Рекомендуется принимать: $b_2 \leq 0,75d_{a1}$ при $z_1 \leq 3$; $b_2 \leq 0,67d_{a1}$ при $z_1 = 4$
Расчет размеров для контроля взаимного положения профилей витков червяка	
Расчетный шаг червяка p_1	$p_1 = \pi m$
Ход витка p_{z1}	$p_{z1} = p_1 z_1$
Делительная толщина по хорде витка червяка $\bar{S}_{a1}$	$\bar{S}_{a1} = s^* m \cos \gamma$
Высота до хорды витка $\bar{h}_{a1}$	$\bar{h}_{a1} = h_a^* m + 0,5 \bar{S}_{a1} \operatorname{tg} \left(0,5 \arcsin \frac{S_{a1} \sin^2 \gamma}{d_1} \right)$
Диаметр измерительных роликов D	$D \geq 1,67m$. Рекомендуется принимать величину D равной ближайшему большему значению диаметра ролика по ГОСТ 2475—62* (СТ СЭВ 242—75)
Размер червяка по роликам M_1	$M_1 = d_1 - (p_1 - s^* m) \frac{\cos \gamma}{\operatorname{tg} \alpha} + D \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$ Для червяков Z1, ZN1, ZN2, ZK1 $\alpha = 20^\circ$ Для червяка ZA $\sin \alpha = \sin 20^\circ \cos \gamma$

98. Расчет длины нарезанной части червяка b_1 по ГОСТ 19650—74

x	Расчетные формулы при z_1	
	1 и 2	4
-1,0	$b_1 \geq (10,5 + z_1) m$	$b_1 \geq (10,5 + z_1) m$
-0,5	$b_1 \geq (8 + 0,06z_2) m$	$b_1 \geq (9,5 + 0,09z_2) m$
0	$b_1 \geq (11 + 0,06z_2) m$	$b_1 \geq (12,5 + 0,09z_2) m$
+0,5	$b_1 \geq (11 + 0,1z_2) m$	$b_1 \geq (12,5 + 0,1z_2) m$
+1,0	$b_1 \geq (12 + 0,1z_2) m$	$b_1 \geq (13 + 0,1z_2) m$

Примечания; 1. При промежуточном значении коэффициента x длину b_1 вычисляют по ближайшему пределу x , который дает большее значение b_1 .

2. Для шлифуемых и фрезеруемых червяков полученную по таблице длину b_1 следует увеличить: при $m < 10$ мм на 25 мм; при $m = 10 \div 16$ мм на 35—40 мм; при $m > 16$ мм на 50 мм.

ПОДШИПНИКИ

Опоры вращающихся осей и валов называются *подшипниками*. Подшипники служат также для поддержания различных деталей, вращающихся на осях. По виду трения различают *подшипники скольжения*, в которых опорная поверхность оси или вала скользит по рабочей поверхности подшипника; *подшипники качения*, в которых используется трение качения благодаря установке шариков или роликов между опорными поверхностями оси или вала и подшипника.

По направлению действия воспринимаемой нагрузки подшипники делят на *радиальные*, воспринимающие радиальные нагрузки; на *упорные*, воспринимающие от вала только осевые нагрузки; на *радиально-упорные*, воспринимающие одновременно радиальные и осевые нагрузки.

Подшипники скольжения. Подшипники скольжения имеют следующие преимущества: малые размеры, возможность применения разъемных подшипников, высокую частоту вращения (100 000 об/мин и более), возможность работы в воде и других агрессивных средах, а также при вибрационных и ударных нагрузках. К недостаткам подшипников скольжения относятся высокие потери на трение и в связи с этим пониженный КПД, необходимость систематического наблюдения и непрерывной смазки, неравномерный износ подшипника и цапфы, применение для изготовления подшипников дорогостоящих материалов, относительно большая длина цапфы и вкладыша.

Подшипник скольжения в большинстве случаев состоит из корпуса и помещенных в нем вкладышей, на которые непосредственно

опирается ось или вал. Корпус обычно выполняют из чугуна, вкладыши для уменьшения трения изготавливают из материалов, которые в паре с цапфой вала имеют малый коэффициент трения.

Коэффициент трения f при смазке

Для стали по чугуну и пластмассе	0,15—0,20
По антифрикционному чугуну, бронзе	0,10—0,15
По баббиту	0,06—0,10

Различают неразъемные подшипники скольжения и разъемные. На рис. 24, а дана конструкция неразъемного подшипника скольжения, состоящего из корпуса 1 и вкладыша 2 (втулки); на рис. 24, б — конструкция разъемного подшипника, состоящего из корпуса подшипника 1, крышки подшипника 2, вкладыша верхнего 3 и вкладыша нижнего 4. Крышка крепится шпильками или болтами.

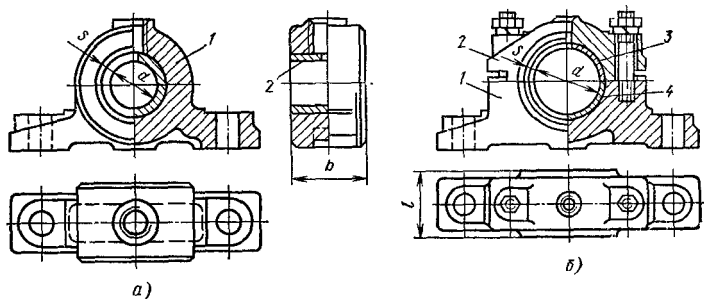


Рис. 24. Подшипники скольжения

Неразъемные подшипники проще по конструкции и дешевле разъемных, но они неудобны при монтаже осей и валов. Разъемные подшипники удобны при монтаже, допускают регулировку зазоров путем сближения крышки и корпуса.

Подшипники качения. По сравнению с подшипниками скольжения подшипники качения имеют следующие преимущества: малый коэффициент трения, большую грузоподъемность при меньшей ширине подшипника, незначительный расход смазочных материалов, взаимозаменяемость, простоту монтажа, ухода и обслуживания. К недостаткам относятся значительно меньшая долговечность при больших частотах вращения и при больших нагрузках, ограниченная способность воспринимать ударные нагрузки, большие наружные диаметры по сравнению с подшипниками скольжения.

По форме тел качения подшипники качения делят на *шариковые* и *роликовые*. Ролики могут быть цилиндрические короткие, цилиндрические длинные, витые, игольчатые, бочкообразные и конические.

По числу рядов тел качения различают *однорядные*, *двухрядные* и *четырёхрядные* подшипники.

По способу компенсации перекосов вала подшипники делят на *несамоустанавливающиеся* и *самоустанавливающиеся* (со сферической внутренней поверхностью наружного кольца у радиальных подшипников).

По направлению воспринимаемой нагрузки изготавливают *радиальные, радиально-упорные и упорные* подшипники.

По радиальным габаритам при одинаковом внутреннем диаметре подшипники делят на следующие серии: *сверхлегкие, особолегкие, легкие, средние, тяжелые*; по ширине подшипника различают *узкие, нормальные, широкие и особоширокие*.

ГОСТ 520—71* устанавливает следующие классы точности подшипников: 0, 6, 5, 4, 2 (перечень классов дан в порядке повышения точности).

Маркировка подшипников качения отражает основные параметры и конструктивные особенности подшипников. Обозначения наносят на торец колец подшипников. Первые две цифры, считая справа налево, обозначают внутренний диаметр подшипника. Для подшипников с внутренним диаметром от 20 до 495 мм эти две цифры следует умножить на 5, чтобы получить фактический внутренний диаметр в мм. Для подшипников с диаметром до 20 мм под этой же цифрой обозначение внутреннего диаметра:

Маркировка	00	01	02	03
Фактический диаметр, мм	10	12	15	17

Третья цифра справа указывает серию подшипника по диаметральным размерам и ширине. Принято следующее обозначение: 1 — особо легкая серия; 2 — легкая серия; 3 — средняя серия; 4 — тяжелая серия; 5 — легкая широкая серия; 6 — средняя широкая серия.

Четвертая цифра справа обозначает тип подшипника. Приняты следующие обозначения типов: 0 — радиальный шариковый однорядный; 1 — радиальный шариковый двухрядный сферический; 2 — радиальный с короткими цилиндрическими роликами; 3 — радиальный двухрядный сферический с бочкообразными роликами; 4 — радиальный роликовый с длинными цилиндрическими роликами и игольчатый; 5 — радиальный с витыми роликами; 6 — радиально-упорный шариковый; 7 — роликовый конический, радиально-упорный; 8 — упорный шариковый; 9 — упорный роликовый.

Пятая и шестая цифры справа характеризуют конструктивные особенности подшипника.

Седьмая цифра справа обозначает серию подшипника по ширине.

Выбор подшипников качения. При выборе типа и размеров шарико- и роликоподшипников (табл. 99) необходимо учитывать следующие факторы:

величину и направление нагрузки (радиальная, осевая, комбинированная);

характер нагрузки (постоянная, переменная, ударная);

частоту вращения кольца подшипника;

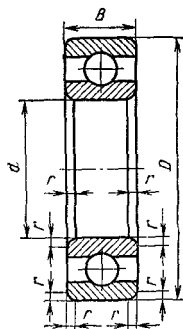
необходимую долговечность (желаемый срок службы, выраженный в часах или миллионах оборотов);

окружающую среду (температуру, влажность, кислотность и т. п.);

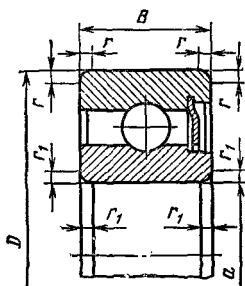
особые требования к подшипнику, предъявляемые конструкцией узла машины или механизма (необходимость самоустанавливаемости подшипника в опоре с целью компенсации перекосов вала или корпуса, обеспечение перемещения вала в осевом направлении и т. п.).

99. Основные типы подшипников качения

Шариковые радиальные однорядные подшипники

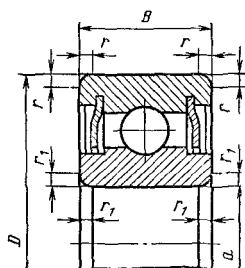


по ГОСТ 8338—75

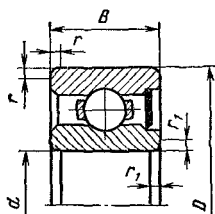


Тип 60000

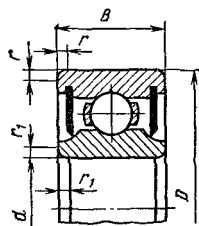
С защитными шайбами по ГОСТ 7242—70 *



Тип 80000



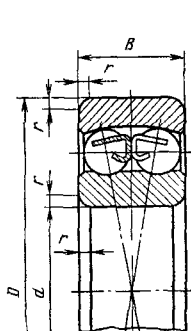
Тип 160000



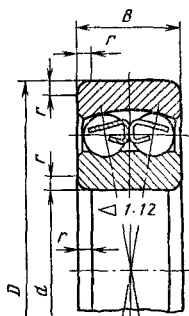
Тип 180000

С уплотнением по ГОСТ 8882—75

Шариковые радиальные сферические двухрядные подшипники



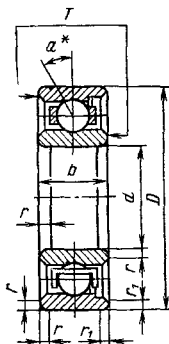
Тип 1000

С цилиндрическим отверстием по
ГОСТ 5720-75

Тип 111000

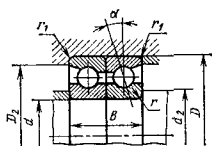
С коническим отверстием
по ГОСТ 5720-75

Шариковые радиально-упорные подшипники



Типы 36000, 46000, 66000

Однорядные по ГОСТ 831-75

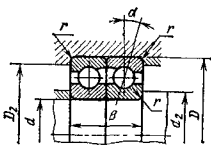


Типы

236000 ($\alpha = 12^\circ$)

246000 ($\alpha = 26^\circ$)

266000 ($\alpha = 36^\circ$)

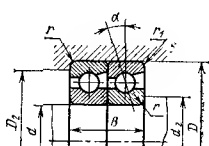


Типы

336000 ($\alpha = 12^\circ$)

346000 ($\alpha = 26^\circ$)

366000 ($\alpha = 36^\circ$)



Типы

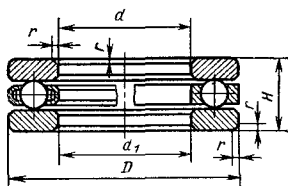
436000 ($\alpha = 12^\circ$)

446000 ($\alpha = 26^\circ$)

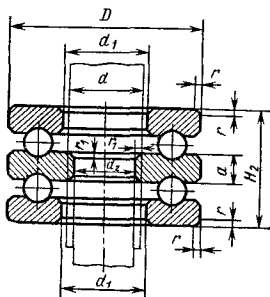
466000 ($\alpha = 36^\circ$)

Сдвоенные по ГОСТ 832—78

Шариковые упорные подшипники

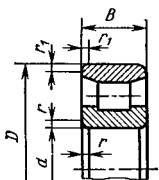


Одннарные по ГОСТ 6874—75

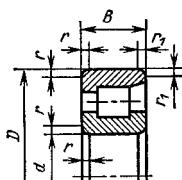


Двойные по ГОСТ 7872—75

Роликовые радиальные подшипники

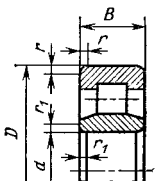


Тип 2000

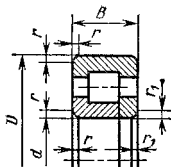


Тип 12000

Однорядные с короткими цилиндрическими роликами по ГОСТ 8328—75 *

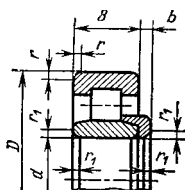


Тип 32000

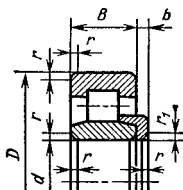


Тип 42000

Однорядные с короткими цилиндрическими роликами по ГОСТ 8328—75*



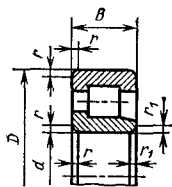
Тип 52000



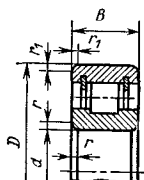
Тип 62000

Однорядные с короткими цилиндрическими роликами по ГОСТ 8328—75*

Продолжение табл. 99

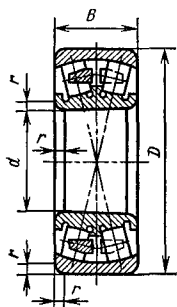


Тип 92000



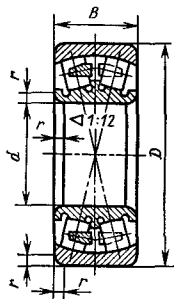
Тип 102000

Однорядные с короткими цилиндрическими роликами по ГОСТ 8328—75*



Тип 3000

С цилиндрическим отверстием

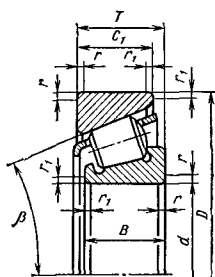


Тип 113000

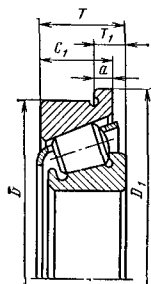
С коническим отверстием

Сферические двухрядные по ГОСТ 5721—75

Роликовые конические однорядные подшипники



по ГОСТ 333—79



по ГОСТ 3169—71

Следует отдавать предпочтение подшипникам класса 0 или 6 по сравнению с подшипниками более высоких классов.

Подшипники выбирают в следующем порядке:

намечают тип подшипника, исходя из условий эксплуатации и конструкции конкретного подшипникового механизма;

определяют типоразмер подшипника в зависимости от величины и направления действующих нагрузок, частоты вращения и требуемого срока службы;

назначают класс точности подшипника с учетом требований к точности вращения механизма; если особых требований нет, принимают нормальный класс 0.

Исходя из действующих радиальных и осевых нагрузок, вычисляют приведенную нагрузку, которая, будучи приложена к подшипнику при вращении внутреннего кольца и неподвижном наружном кольце, обеспечила бы такую же долговечность, какую достигает подшипник в действительных условиях нагружения и вращения.

По приведенной нагрузке, частоте вращения подшипника и требуемому сроку службы рассчитывают необходимую грузоподъемность, являющуюся основной характеристикой подшипника. По найденной динамической грузоподъемности по соответствующему ГОСТу выбирают конкретный типоразмер подшипника и его габаритные размеры.

Методика расчета и подбора стандартных подшипников качества определена ГОСТ 18854—73 и ГОСТ 18855—73.

ГЛАВА IV

ДОПУСКИ, ПОСАДКИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ

Понятие о взаимозаменяемости. Взаимозаменяемость — свойство конструкции обеспечивать оптимальные эксплуатационные и производственные показатели, обусловливаемое изготовлением составных элементов конструкции с заданной точностью геометрических, механических, электрических и других функциональных параметров качества. Взаимозаменяемость может быть полной и неполной (ограниченной).

Полная взаимозаменяемость обеспечивается при выполнении геометрических, механических, электрических и других параметров деталей с точностью, позволяющей производить сборку (или замену при ремонте) любых сопрягаемых деталей и составных частей (сборочных единиц) без дополнительной их обработки, пригонки, подбора или регулирования при обеспечении требуемого качества изделий [5].

Неполная (ограниченная) взаимозаменяемость допускает групповой подбор элементов, применение компенсаторов (регулирование), пригонку и другие дополнительные технологические мероприятия.

Взаимозаменяемость обеспечивается системой допусков и посадок. Для стран СЭВ разработана единая система допусков и посадок (ЕСДП СЭВ). В основу ЕСДП СЭВ положена Международная система допусков и посадок ИСО. Основные положения единой системы допусков и посадок даны в стандарте СЭВ 145—75.

Основные положения и определения по СТ СЭВ 145—75. Для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей применяют термин *вал*, а для внутренних (охватывающих) — термин *отверстие*.

Размер — числовое значение линейной величины (диаметр, длина и т. д.) в выбранных единицах измерения.

Действительный размер — размер, установленный измерением с допустимой погрешностью.

Предельные размеры — два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер.

Наибольший предельный размер — больший из двух предельных размеров.

Наименьший предельный размер — меньший из двух предельных размеров.

Номинальный размер — размер, который служит началом отсчета отклонений и относительно которого определяются предельные размеры. Его определяют исходя из функционального назначения детали или сборочной единицы путем расчета. Общий номинальный размер для отверстия и вала, составляющих соединение, называют номинальным размером соединения. Номинальные размеры указывают на чертежах деталей и сборочных единиц.

Отклонение — алгебраическая разность между размером (действительным, предельным и т. д.) и соответствующим номинальным размером.

Действительное отклонение — алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами.

Предельное отклонение — алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами. Различают верхнее и нижнее отклонения.

Верхнее отклонение — алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами. Верхнее отклонение отверстия обозначают буквами *ES*, вала — *es*.

Нижнее отклонение — алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами. Нижнее отклонение отверстия обозначают буквами *EI*, вала — *ei*.

Нулевая линия — линия, соответствующая номинальному размеру, от которой откладываются отклонения размеров при графическом изображении допусков и посадок.

Допуск — разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями.

Поле допуска — поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Положение поля допуска относительно нулевой линии, зависящее от номинального размера, обозначают буквами латинского алфавита (или в некоторых случаях двумя буквами): прописными для отверстия и строчными для вала (рис. 1).

Верхнее или нижнее отклонение, используемое для определения поля допуска относительно нулевой линии, называют *основным отклонением*. В системе СЭВ основным отклонением является отклонение поля допуска, ближайшее к нулевой линии. Это нижнее отклонение *EI* для отверстий от *A* до *H* или верхнее отклонение *ES* для отверстий от *J* до *ZC*, верхнее отклонение *es* для валов от *a* до *h* и нижнее отклонение *ei* для валов от *j* до *zc* (рис. 1).

Отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю, называют *основным* и обозначают буквой *H*.

Вал, верхнее отклонение которого равно нулю, называют *основным* и обозначают буквой *h*.

Квалитет — совокупность допусков, соответствующих одинаковой степени точности для всех номинальных размеров.

Единица допуска — множитель в формулах допусков системы, являющийся функцией номинального размера.

Посадка — характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов.

Допуск посадки — сумма допусков отверстия и вала, составляющих соединение.

Зазор — разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала.

Натяг — разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия.

Посадка с зазором — посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении (рис. 2, а). К этой группе относят также посадки, в которых нижняя граница поля допуска отверстия совпадает с верхней границей поля допуска вала. Для образования посадок с зазорами используют поля допусков $a-h$ ($A-H$).

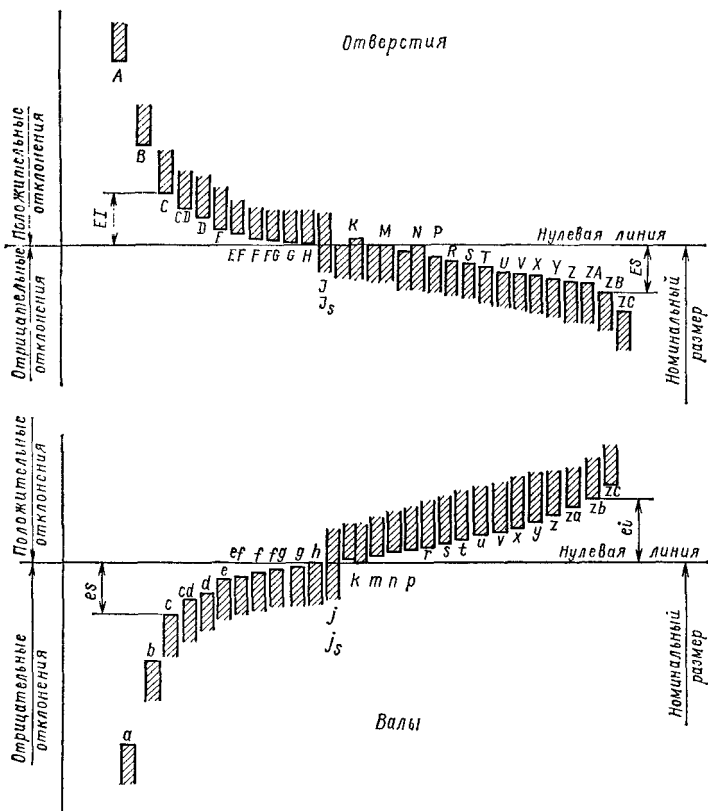


Рис. 1. Положение полей допусков относительно нулевой линии для данного интервала диаметров

Посадка с натягом — посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении (рис. 2, б). Для образования таких посадок используют поля допусков $p-zc$ ($P-ZC$).

Переходная посадка — посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга (рис. 2, в). При таких посадках по-

ля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью. Для образования переходных посадок обычно применяют поля допусков $j-n$ ($J-N$).

Наименьший и наибольший зазоры — два предельных значения, между которыми должен находиться действительный зазор (рис. 2, а, в).

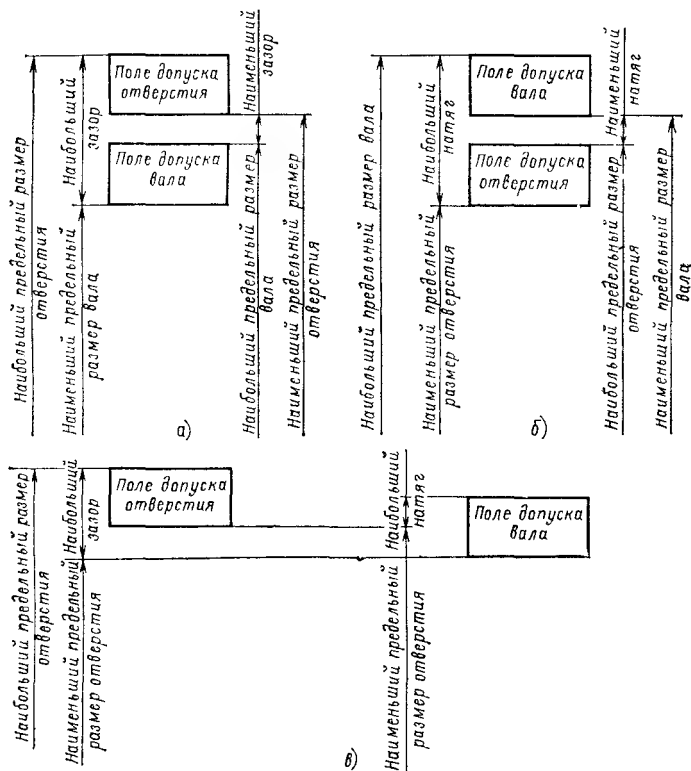


Рис. 2. Типы посадок

Наименьший и наибольший натяги — два предельных значения, между которыми должен находиться действительный натяг (рис. 2, б, в).

Посадки в системе отверстия — посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием (рис. 3).

Посадки в системе вала — посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом (рис. 4).

В технически и экономически обоснованных случаях разрешают применять посадки, образованные путем сочетания полей допусков вала и отверстия, взятых из системы отверстия и системы вала, т. е. *комбинированные посадки*.

Допуски и отклонения размеров гладких элементов деталей. Величины полей допусков в системе ЕСДП СЭВ обозначают буквами *IT* и цифрой порядкового номера качества, например, *IT5*, *IT6*, *IT8* и т. д. Стандартом СЭВ 145—75 для размеров до 3150 мм установлено 19 качеств. Приближенное соответствие качеств

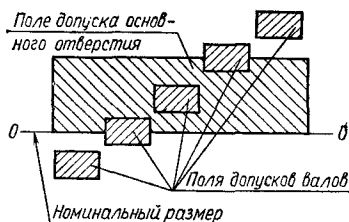


Рис. 3. Посадки в системе отверстия

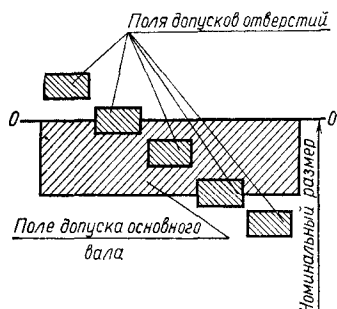


Рис. 4. Посадки в системе вала

по СТ СЭВ 145—75 классам точности по ОСТам и ГОСТам приведено в табл. 1. Для качеств от 5-го до 17-го значения допусков определяют исходя из единицы допуска i , мкм (табл. 2):

$$i = 0,45 \sqrt[3]{D} + 0,001D,$$

где D в мм.

1. Сравнение качеств по СТ СЭВ 145—75 с классами точности по ОСТу и ГОСТу

Назначение допусков	Квалитет по СТ СЭВ 145—75	Классы точности		Назначение допусков	Квалитет по СТ СЭВ 145—75	Классы точности	
		Основное отверстие	Основной вал			Основное отверстие	Основной вал
Для концевых мер длины	01	03	03	Для размеров сопрягаемых деталей	10	3а	3а
	0	04	04		11	4	4
	1	05	05		12	—	—
Для калибров и особо точных деталей	2	06	06		13	5	5
	3	07	07			—	—
	4	08	08	Для размеров деталей относительно низкой точности	14	7	7
Для размеров сопрягаемых деталей	5	09	1		15	8	8
	6	1	2		16	9	9
	7	2	2а		17	10	10
	8	2а	—				
	9	—	3				
			—				

2. Допуски для номинальных размеров

Обозначение допуска	Значение допуска, мкм	Обозначение допуска	Значение допуска, мкм
<i>IT5</i>	7 <i>i</i>	<i>IT12</i>	160 <i>i</i>
<i>IT6</i>	10 <i>i</i>	<i>IT13</i>	250 <i>i</i>
<i>IT7</i>	16 <i>i</i>	<i>IT14</i>	400 <i>i</i>
<i>IT8</i>	25 <i>i</i>	<i>IT15</i>	640 <i>i</i>
<i>IT9</i>	40 <i>i</i>	<i>IT16</i>	1000 <i>i</i>
<i>IT10</i>	64 <i>i</i>	<i>IT17</i>	1600 <i>i</i>
<i>IT11</i>	100 <i>i</i>		

В табл. 3 приведены числовые значения допусков для размеров до 500 мм, а в табл 4 и 5 — значения основных отклонений. Второе отклонение определяют из основного с учетом значения допуска *IT* (табл. 3). Это отклонение с учетом знака определяют по формулам:

$$ei = es - IT \text{ — для валов от } a \text{ до } h;$$

$$es = ei - IT \text{ — для валов от } j \text{ до } zc;$$

$$ES = EI + IT \text{ — для отверстий от } A \text{ до } H;$$

$$EI = ES - IT \text{ — для отверстий от } J \text{ до } ZC.$$

Из всей совокупности полей допусков, которые могут быть получены различным сочетанием основных отклонений и допусков по СТ СЭВ 145—75, стандартом СЭВ 144—75 установлен ограничительный отбор полей допусков. Эти поля допусков для номинальных размеров от 1 до 500 мм приведены в табл. 6 и 7.

Посадки системы СЭВ назначают либо в системе отверстия (рис. 3) либо в системе вала (рис. 4). Применение системы отверстия предпочтительно. Рекомендуемые для применения посадки при номинальных размерах от 1 до 500 мм приведены в табл. 8 и 9, а в табл. 10 и 11 рекомендуемые замены посадок системы ОСТ посадками по СТ СЭВ 144—75.

Поля допусков для размеров от 3150 до 10 000 мм регламентирует СТ СЭВ 177—75. Предельные отклонения размеров с неуказанными допусками устанавливает СТ СЭВ 302—76, а поля допусков для деталей из пластмасс — СТ СЭВ 179—75.

Условное обозначение допусков и посадок. Размер, для которого указывают поле допуска, обозначают числом, за которым следует условное обозначение, состоящее из буквы (иногда из двух букв) и цифры (или двух цифр), обозначающей номер квалитета, например 20g6, 20H8, 30h 11 и т. п.

В обозначении посадки указывают номинальный размер, общий для отверстия и вала (соединяемых элементов), за которым следуют обозначения полей допусков для каждого элемента, начиная с отверстия, например 30 H7/n6, или 30H7—n6, или 30 $\frac{H7}{n6}$.

Предельные отклонения линейных размеров указывают на чертежах одним из трех способов: 1) условными обозначениями полей допусков, например 18H7, 12e8; 2) числовыми значениями предельных отклонений, например $18^{+0,018}_{-0,009}$, $12^{+0,022}_{-0,009}$; 3) условными обозначениями полей допусков с указанием справа в скобках числовых значений предельных отклонений, например 12e8 $^{+0,022}_{-0,009}$.

3. Значения допусков (мкм) по СТ СЭВ 145—75 для номинальных размеров до 500 мм

Интервалы размеров, мм	Квалитет																		
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000
Св. 3 до 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200
» 6 » 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500
» 10 » 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
» 18 » 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
» 30 » 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
» 50 » 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000
» 80 » 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500
» 120 » 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
» 180 » 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600
» 250 » 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200
» 315 » 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700
» 400 » 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300

Примечание. Для размеров до 1 мм квалитеты от 14-го до 17-го не применяются.

4. Значения основных отклонений валов по СТ СЭВ 145—75, мкм

Интервалы размеров, мм	Буквенное обозначение	Верхнее отклонение es											i_s^{*2}	i	
		a^{*1}	b^{*1}	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h			
	Квалитет	Все квалитеты												5 и 6	7
До 3		—270	—140	—60	—34	—20	—14	—10	—6	—4	—2	0	Пре- дельные откло- нения $\pm \frac{IT}{2}$	2	—4
Св. 3 до 6		—270	—140	—70	—46	—30	—20	—14	—10	—6	—4	0		—2	—4
» 6 » 10		—280	—150	—80	—56	—40	—25	—18	—13	—8	—5	0		—2	—5
» 10 » 14		—290	—150	—95	—	—50	—32	—	—16	—	—6	0		—3	—6
» 14 » 18															
» 18 » 24		—300	—160	—110	—	—65	—40	—	—20	—	—7	0		—4	—8
» 24 » 30															
» 30 » 40		—310	—170	—120	—	—80	—50	—	—25	—	—9	0		—5	—10
» 40 » 50		—320	—180	—130											
» 50 » 65		—340	—190	—140	—	—100	—60	—	—30	—	—10	0		—7	—12
» 65 » 80		—360	—200	—150											
» 80 » 100		—380	—220	—170	—	—120	—72	—	—36	—	—12	0		—9	—15
» 100 » 120		—410	—240	—180											

Интервалы размеров, мм	Буквенное обозначение	Нижнее отклонение e_i																
		<i>i</i>	<i>k</i>		<i>m</i>	<i>n</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>u</i>	<i>v</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>za</i>	<i>zb</i>	<i>zc</i>
	Квалитет	8	От 4 до 7	До 3 и св. 7	Все квалитеты													
До 3		-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14	-	+18	-	+20	-	+26	+32	+40	+60
Св. 3 до 6		-	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	-	+23	-	+28	-	+35	+42	+50	+80
» 6 » 10		-	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	-	+28	-	+34	-	+42	+52	+67	+97
» 10 » 14		-	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	-	+33	-	+40	-	+50	+64	+90	+130
» 14 » 18												+39	+45	-	+60	+77	+108	+150
» 18 » 24		-	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	-	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
» 24 » 30										+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
» 30 » 40		-	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
» 40 » 50										+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
» 50 » 65		-	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+114	+172	+226	+300	+405
» 65 » 80								+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
» 80 » 100		-	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
» 100 » 120								+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690

[illegible]

Интервалы размеров, мм	Буквенное обозначение	Нижнее отклонение e_i																
		j	k		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
	Квалитет	8	От 4 до 7	До 3 и св. 7	Все квалитеты													
Св. 120 до 140							+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800	
» 140 » 160	—	+3	0	+15	+27	+43	+65	+100	+134	+199	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900	
» 160 » 180							+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000	
» 180 » 200							+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150	
» 200 » 225	—	+4	0	+17	+31	+50	+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250	
» 225 » 250							+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+610	+820	+1050	+1350	
» 250 » 280							+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550	
» 280 » 315	—	+4	0	+20	+34	+56	+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700	
» 315 » 355							+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900	
» 355 » 400	—	+4	0	+21	+37	+62	+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100	
» 400 » 450							+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400	
» 450 » 500	—	+5	0	+23	+40	+68	+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600	

*1 Отклонения для a и b не предусмотрены в интервале размеров до 1 мм.

*2 Симметричные отклонения $\pm \frac{IT}{2}$ для j_s квалитетов от 7 до 11 могут округляться, если значение IT нечетное (замена производится ближайшим меньшим четным числом).

5. Значения основных отклонений отверстий по СТ СЭВ 145—75, мкм

Интервалы размеров, мм	Буквенное обозначение Квалитет	Нижнее отклонение EI												Верхнее отклонение ES								
		A^{*1}	B^{*1}	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	J_S^{*2}	J			K		M		N	
		Все квалитеты												6	7	8	До 8	Св. 8	До 8 ^{*3}	Св. 8	До 8	Св. 8 ^{*1}
До 3		+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0		+2	+4	+6	0	0	-2	-2	-4	-4
Св. 3 до 6		+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0		+5	+6	+10	-1+Δ	—	-4+Δ	-4	-8+Δ	0
» 6 » 10		+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	+12	-1+Δ	—	-6+Δ	-6	-10+Δ	0
» 10 » 14		+290	+150	+95	—	+50	+32	—	+16	—	+6	0		+6	+10	+15	-1+Δ	—	-7+Δ	-7	-12+Δ	0
» 14 » 18																						
» 18 » 24		+300	+160	+110	—	+65	+40	—	+20	—	+7	0		+8	+12	+20	-2+Δ	—	-8+Δ	-8	-15+Δ	0
» 24 » 30																						
» 30 » 40		+310	+170	+120	—	+80	+50	—	+25	—	+9	0		+10	+14	+24	-2+Δ	—	-9+Δ	-9	-17+Δ	0
» 40 » 50		+320	+180	+130																		
» 50 » 65		+340	+190	+140	—	+100	+60	—	+30	—	+10	0		+13	+18	+28	-2+Δ	—	-11+Δ	-11	-20+Δ	0
» 65 » 80		+360	+200	+150																		
» 80 » 100		+380	+220	+170	—	+120	+72	—	+36	—	+12	0		+16	+22	+34	-3+Δ	—	-13+Δ	-13	-23+Δ	0
» 100 » 120		+410	+240	+180																		

Пре-
дель-
ные
откло-
нения
 $\pm \frac{IT}{2}$

Ин- тер- валы раз- ме- ров, мм	Бук- венное обо- значе- ние Квали- тет	Верхнее отклонение ES												Δ^{*3} , мкм					
		P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC						
		Свыше 7 **												3	4	5	6	7	8
До 3		-6	-10	-14	—	-18	—	-20	—	-26	-32	-40	-60	0	0	0	0	0	0
Св. 3 до 6		-12	-15	-19	—	-23	—	-28	—	-35	-42	-50	-80	1	1,5	1	3	4	6
» 6 » 10		-15	-19	-23	—	-28	—	-34	—	-42	-52	-67	-97	1	1,5	2	3	6	7
» 10 » 14		-18	-23	-28	—	-33	-39	-40	—	-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9
» 14 » 18								-45	—	-60	-77	-108	-150						
» 18 » 24		-22	-28	-35	—	-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188	1,5	2	3	4	8	12
» 24 » 30					-41	-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160	-218						
» 30 » 40		-26	-34	-43	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1,5	3	4	5	9	14
» 40 » 50					-54	-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242	-325						
» 50 » 65		-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	15
» 65 » 80			-43	-59	-75	-102	-120	-146	-174	-210	-274	-360	-480						
» 80 » 100		-37	-51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19
» 100 » 120			-54	-79	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690						

[illegible]

Ин-тер-валы раз-ме-ров, мм	Бук-венное обо-значе-ние	Верхнее отклонение ES											Δ^{*3} , мкм					
		P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC					
	Квали-тет	Свыше 7 *4											3	4	5	6	7	8
Св. 120 до 140	—43	—63	—92	—122	—170	—202	—248	—300	—365	—470	—620	—800	3	4	6	7	15	23
» 140 » 160		—65	—100	—134	—190	—228	—280	—340	—415	—535	—700	—900						
» 160 » 180		—68	—108	—146	—210	—252	—310	—380	—465	—600	—780	—1000						
» 180 » 200	—50	—77	—122	—166	—236	—284	—350	—425	—520	—670	—880	—1150	3	4	6	9	17	26
» 200 » 225		—80	—130	—180	—258	—310	—385	—470	—575	—740	—960	—1250						
» 225 » 250		—84	—140	—196	—284	—340	—425	—520	—640	—820	—1050	—1350						
» 250 » 280	—56	—94	—158	—218	—315	—385	—475	—580	—710	—920	—1200	—1550	4	4	7	9	20	29
» 280 » 315		—98	—170	—240	—350	—425	—525	—650	—790	—1000	—1300	—1700						
» 315 » 355	—62	—108	—190	—268	—390	—475	—590	—730	—900	—1150	—1500	—1900	4	5	7	11	21	32
» 355 » 400		—114	—208	—294	—435	—530	—660	—820	—1000	—1300	—1650	—2100						
» 400 » 450	—68	—126	—232	—330	—490	—595	—740	—920	—1100	—1450	—1850	—2400	5	5	7	13	23	34
» 450 » 500		—132	—252	—360	—540	—660	—820	—1000	—1250	—1600	—2100	—2600						

^{*1} Отклонения A и B во всех квалитетах и N в квалитетах свыше 8-го не предусмотрены для размеров до 1 мм.

^{*2} Симметричные отклонения $\pm \frac{IT}{2}$ для J_s квалитетов от 7-го до 11-го округляются, если значение IT нечетное (замена производится ближайшим меньшим числом).

^{*3} В частном случае для Mb $ES = -9$ (а не -11) для размеров от 250 до 315 мм.

^{*4} Во всех квалитетах до 7-го для отверстий от P до ZC принято отклонение, как для квалитетов свыше 7-го, увеличенное на Δ .

^{*5} Для вычисления отклонений K , M , N в квалитетах до 8-го и от P до ZC — до 7-го квалитета берут значения Δ в графах справа. Например, для $P7$ от 18 до 30 $\Delta = 8$ и $ES = -14$.

6. Поля допусков валов для номинальных размеров от 1 до 500 мм по СТ СЭВ 144-75

Квали- тет	Основные отклонения																					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i_s</i>	<i>k</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>u</i>	<i>v</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	
01								<i>h</i> 01*	<i>i_s</i> 01*													
0								<i>h</i> 0*	<i>i_s</i> 0*													
1								<i>h</i> 1*	<i>i_s</i> 1*													
2								<i>h</i> 2*	<i>i_s</i> 2*													
3								<i>h</i> 3*	<i>i_s</i> 3*													
4							<i>g</i> 4	<i>h</i> 4	<i>i_s</i> 4	<i>k</i> 4	<i>m</i> 4	<i>n</i> 4										
5							<i>g</i> 5	<i>h</i> 5	<i>i_s</i> 5	<i>k</i> 5	<i>m</i> 5	<i>n</i> 5	<i>p</i> 5	<i>r</i> 5	<i>s</i> 5							
6						<i>f</i> 6	<i>g</i> 6	<i>h</i> 6	<i>i_s</i> 6	<i>k</i> 6	<i>m</i> 6	<i>n</i> 6	<i>p</i> 6	<i>r</i> 6	<i>s</i> 6	<i>t</i> 6						
7					<i>e</i> 7	<i>f</i> 7		<i>h</i> 7	<i>i_s</i> 7	<i>k</i> 7	<i>m</i> 7	<i>n</i> 7			<i>s</i> 7		<i>u</i> 7			<i>x</i> 8		
8			<i>c</i> 8	<i>d</i> 8	<i>e</i> 8	<i>f</i> 8		<i>h</i> 8	<i>i_s</i> 8*								<i>u</i> 8					<i>z</i> 8
9				<i>d</i> 9	<i>e</i> 9	<i>f</i> 9		<i>h</i> 9	<i>i_s</i> 9*													
10				<i>d</i> 10				<i>h</i> 10	<i>i_s</i> 10*													
11	<i>a</i> 11	<i>b</i> 11	<i>c</i> 11	<i>d</i> 11				<i>h</i> 11	<i>i_s</i> 11*													
12		<i>b</i> 12						<i>h</i> 12	<i>i_s</i> 12*													
13								<i>h</i> 13	<i>i_s</i> 13*													
14								<i>h</i> 14*	<i>i_s</i> 14*													
15								<i>h</i> 15*	<i>i_s</i> 15*													
16								<i>h</i> 16*	<i>i_s</i> 16*													
17								<i>h</i> 17*	<i>i_s</i> 17*													

* Поля допусков, не предназначенные для посадок.

Примечание. Рамкой обведены предпочтительные поля допусков

7. Поля допусков отверстий для номинальных размеров от 1 до 500 мм по СТ СЭВ 144—75

Квали- тет	Основные отклонения																				
	A	B	C	D	E	F	G	H	J _s	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z
01	A11	B11	C11	D11	E8	F7	G5	H01*	J _s 01*	K5	M5	N5	P6	R7	S7	T7	U8	V	X	Y	Z
0								H0*	J _s 0*												
1								H1*	J _s 1*												
2								H2*	J _s 2*												
3								H3*	J _s 3*												
4								H4*	J _s 4*												
5								H5	J _s 5*												
6								H6	J _s 6												
7								H7	J _s 7												
8								H8	J _s 8												
9								H9	J _s 9*												
10								H10	J _s 10*												
11								H11	J _s 11*												
12								H12	J _s 12*												
13								H13*	J _s 13*												
14								H14*	J _s 14*												
15								H15*	J _s 15*												
16	H16*	J _s 16*																			
17	H17*	J _s 17*																			

* Поля допусков, не предназначенные для посадок.

Примечание. Рамкой обведены предпочтительные поля допусков

9. Рекомендуемые посадки в системе вала по СТ СЭВ 144—75 для номинальных размеров от 1 до 500 мм

Поля до- пусков валов	Основные отклонения отверстий																
	A	B	C	D	E	F	G	H	J _s	K	M	N	P	R	S	T	U
h4							$\frac{G5}{h4}$	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{J_s5}{h4}$	$\frac{K5}{h4}$	$\frac{M5}{h4}$	$\frac{N5}{h1}$					
h5						$\frac{F7}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{J_s6}{h5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P6}{h5}$				
h6				$\frac{D8}{h6}$	$\frac{E8}{h6}$	$\frac{F7}{h6}$	$\frac{F8}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{J_s7}{h6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$
h7				$\frac{D8}{h7}$	$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{J_s8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{N8}{h8}$					$\frac{U8}{h7}$
h8				$\frac{D8}{h8}; \frac{D9}{h8}$	$\frac{E8}{h8}; \frac{E9}{h8}$	$\frac{F8}{h8}; \frac{F9}{h8}$		$\frac{H8}{h8}; \frac{H9}{h8}$									
h9				$\frac{D9}{h9}; \frac{D10}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$		$\frac{H8}{h9}; \frac{H9}{h9}; \frac{H10}{h9}$									
h10				$\frac{D10}{h10}$				$\frac{H10}{h10}$									
h11	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$				$\frac{H11}{h11}$									
h12		$\frac{B12}{h12}$						$\frac{H12}{h12}$									

Примечание. Рамкой обведены предпочтительные посадки.

Допуски на угловые размеры. Допуски углов конусов и призматических элементов деталей регламентирует стандарт СЭВ 178—75. Стандарт устанавливает 17 степеней точности с расположением допусков углов (AT) в плюсовую сторону ($+AT$), в минусовую сторону ($-AT$) или симметрично ($\pm \frac{AT}{2}$) относительно номинального угла. В обоснованных случаях разрешается иное расположение допуска угла. Допуск угла назначают как в угловых, так и в линейных единицах (AT_α , AT'_α , AT_h , AT_D). Допуск угла заданной степени точности обозначают указанными выше буквами и номером соответствующей степени точности, например $AT3$, $AT5$ и т. п.

10. Рекомендуемые замены посадок по системе ОСТ посадками по СТ СЭВ 144—75 для номинальных размеров от 1 до 500 мм
Система отверстия

Точность по системе ОСТ	Посадка		Точность по системе ОСТ	Посадка	
	по системе ОСТ	рекомендуемая для замены по СТ СЭВ 144—75		по системе ОСТ	рекомендуемая для замены по СТ СЭВ 144—75
Класс 1	$\frac{A_1^*}{\text{Пр } 2_1}$	$\frac{H6^*}{s5}$	Класс 2	$\frac{A}{\text{Гр}}$	$\frac{H7}{u7}$
	$\frac{A_1^*}{\text{Пр } 1_1}$	$\frac{H6^*}{r5}$			$\frac{H7}{t7}$ (св. 24 до 500)
	$\frac{A_1}{\Gamma_1}$	$\frac{H6}{n5}$		$\frac{A}{\text{Пр}}$	$\frac{H7}{r6}$ (от 1 до 120)
	$\frac{A_1}{T_1}$	$\frac{H6}{m5}$			$\frac{H7}{s6}$ (от 1 до 3 и св. 80 до 500)
	$\frac{A_1}{H_1}$	$\frac{H6}{k5}$		$\frac{A}{\text{Пл}}$	$\frac{H7}{p6}$ (от 1 до 120)
	$\frac{A_1}{\text{П}_1}$	$\frac{H6}{j_s^5}$			$\frac{H7}{r6}$ (от 1 до 3 и св. 80 до 500)
		$\left(\frac{H6}{j5}\right)$		$\frac{A}{\Gamma}$	$\frac{H7}{n6}$
	$\frac{A_1}{C_1}$	$\frac{H6}{h5}$		$\frac{A}{T}$	$\frac{H7}{m6}$
	$\frac{A_1}{D_1}$	$\frac{H6}{g5}$		$\frac{A}{\text{П}}$	$\frac{H7}{k6}$
	$\frac{A_1^*}{X_1}$	$\frac{H6^*}{f6}$			

Продолжение табл. 10

Точность по системе ОСТ	Посадка		Точность по системе ОСТ	Посадка	
	по системе ОСТ	рекомендуемая для замены по СТ СЭВ 144—75		по системе ОСТ	рекомендуемая для замены по СТ СЭВ 144—75
Класс 2	$\frac{A}{\Pi}$	$\frac{H7}{j_s^6}$	Класс 2а	$\frac{A_{2a}^*}{C_{2a}}$	$\frac{H8^*}{h7}$
		$\left(\frac{H7}{j6}\right)$		$\frac{A_{2a}^*}{X_{2a}}$	$\frac{H8^*}{f8}$
	$\frac{A}{C}$	$\frac{H7}{h6}$	Класс 3	$\frac{A_s}{\Pi p 3_s}$	$\frac{H8}{z8}$ (св. 18 до 100)
	$\frac{A}{Д}$	$\frac{H7}{g6}$			$\frac{H8}{x8}$ (св. 50 до 500)
	$\frac{A}{X}$	$\frac{H7}{f7}$			$\frac{H8}{u8}$ (св. 225 до 500)
	$\frac{A}{Л}$	$\frac{H7}{e8}$			$\left(\frac{H8}{zb8}\right)$ (св. 6 до 18)
	$\frac{A}{Ш}$	$\frac{H7}{d8}$			$\left(\frac{H8}{za8}\right)$ (св. 10 до 18)
	$\frac{A^*}{ТХ}$	$\frac{H7^*}{c8}$			
Класс 2а	$\frac{A_{2a}^*}{\Pi p 2_{2a}}$	$\frac{H8^*}{u8}$		$\frac{A_s}{\Pi p 2_s}$	$\frac{H8}{z8}$ (св. 6 до 30)
	$\frac{A_{2a}^*}{\Pi p 1_{2a}}$	$\frac{H8^*}{s7}$			$\frac{H8}{x8}$ (св. 6 до 50)
	$\frac{A_{2a}^*}{Г_{2a}}$	$\frac{H8^*}{n7}$			$\frac{H8}{u8}$ (св. 30 до 500)
	$\frac{A_{2a}^*}{Т_{2a}}$	$\frac{H8^*}{m7}$			
	$\frac{A_{2a}^*}{H_{2a}}$	$\frac{H8^*}{k7}$		$\frac{A_s}{\Pi p 1_s}$	$\frac{H8}{x8}$ (св. 3 до 30)
	$\frac{A_{2a}^*}{\Pi_{2a}}$	$\frac{H8}{i_s^7}$			$\frac{H8}{u8}$ (св. 3 до 100)
		$\left(\frac{H8^*}{i7}\right)$			

Продолжение табл 10

Точность по системе ОСТ	Посадка		Точность по системе ОСТ	Посадка	
	по системе ОСТ	рекомендуемая для замены по СТ СЭВ 144—75		по системе ОСТ	рекомендуемая для замены по СТ СЭВ 144—75
Класс 3	$\frac{A_3}{PrI_s}$	$\frac{H8}{s7}$ (св. 65 до 500)	Класс 3а	$\frac{A_{3a}^*}{C_{3a}}$	$\frac{H10^*}{h10}$
		$\left(\frac{H8}{s8}\right)$ (св. 65 до 500)	Класс 4	$\frac{A_4}{C_4}$	$\frac{H11}{h11}$
	$\frac{A_3}{C_3}$	$\frac{H8}{h8}$		$\frac{A_4}{X_4}$	$\frac{H11}{d11}$
		$\frac{H9}{h8}$		$\frac{A_4}{Л_4}$	$\frac{H11}{b11}$
		$\frac{H8}{h9}$			$\frac{H11}{c11}$ (от 1 до 18 и св. 160 до 500)
		$\frac{H9}{h9}$			$\frac{H11}{a11}$
	$\frac{A_3}{X_3}$	$\frac{H9}{f8}$			$\frac{H11}{b11}$ (от 1 до 18 и св. 200 до 500)
		$\frac{H8}{f9}$			
		$\frac{H9}{e8}$			
		$\frac{H8}{e9}$			
	$\frac{A_3}{Ш_3}$	$\frac{H8}{d9}$	Класс 5	$\frac{A_5}{C_5}$	$\frac{H12}{h12}$
		$\frac{H9}{d9}$		$\frac{A_5}{X_5}$	$\frac{H12}{b12}$
		$\frac{H8}{d10}$			

Примечания: 1. В скобках отмечены посадки по СТ СЭВ 144—75, в которых использованы поля допусков из дополнительного набора.
2. Звездочкой отмечены посадки по системе ОСТ введенные из системы ИСО, и соответствующие им посадки ИСО.

11. Рекомендуемые замены посадок системы ОСТ посадками по СТ СЭВ 144—75 для номинальных размеров от 1 до 500 мм
Система вала

Точность по системе ОСТ	Посадка		Точность по системе ОСТ	Посадка	
	по системе ОСТ	рекомендуемая для замены по СТ СЭВ 144—75		по системе ОСТ	рекомендуемая для замены по СТ СЭВ 144—75
Класс 1	$\frac{Г_1}{В_1}$	$\frac{N6}{h5}$	Класс 2	$\frac{T}{B}$	$\frac{M7}{h6}$
	$\frac{T_1}{В_1}$	$\frac{M6}{h5}$		$\frac{H}{B}$	$\frac{K7}{h6}$
	$\frac{H_1}{В_1}$	$\frac{K6}{h5}$		$\frac{P}{B}$	$\frac{J_7}{h6}$
	$\frac{П_1}{В_1}$	$\frac{J_s^6}{h5}$			$\left(\frac{J7}{h6}\right)$
		$\left(\frac{J6}{h5}\right)$		$\frac{C}{B}$	$\frac{H7}{h6}$
	$\frac{C_1}{В_1}$	$\frac{H6}{h5}$		$\frac{D}{B}$	$\frac{G7}{h6}$
	$\frac{Д_1}{В_1}$	$\frac{G6}{h5}$		$\frac{X}{B}$	$\frac{F8}{h6}$
Класс 2	$\frac{X_1^*}{В_1}$	$\frac{F7^*}{h5}$	Класс 2а	$\frac{Л}{B}$	$\frac{E8}{h6}$
	$\frac{Гр}{B}$	$\frac{U8}{h6}$		$\frac{Ш}{B}$	$\frac{D8}{h6}$
		$\frac{T7}{h6}$ (св. 24 до 500)		$\frac{Пр\ 2_{2a}^*}{B_{2a}}$	$\frac{U8^*}{h7}$
		$\left(\frac{U7}{h6}\right)$		$\frac{Г_{2a}^*}{B_{2a}}$	$\frac{N8^*}{h7}$
		$\left(\frac{R8}{h6}\right)$ (от 1 до 40)		$\frac{T_{2a}^*}{B_{2a}}$	$\frac{M8^*}{h7}$
	$\frac{Пр}{B}$	$\frac{R7}{h6}$ (от 1 до 150)		$\frac{H_{2a}^*}{B_{2a}}$	$\frac{K8}{h7}$
		$\frac{S7}{h6}$ (св. 50 до 500)			
	$\frac{Г}{B}$	$\frac{N7}{h6}$			

Продолжение табл. 11

Точность по системе ОСТ	Посадка		Точность по системе ОСТ	Посадка	
	по системе ОСТ	рекомендуемая для замены по СТ СЭВ 144—75		по системе ОСТ	рекомендуемая для замены по СТ СЭВ 144—75
Класс 2а	$\frac{\Gamma_{2a}^*}{B_{2a}}$	$\frac{J_7}{h8}$	Класс 3	$\frac{\Pi_3}{B_3}$	$\frac{D9}{h9}$
		$(\frac{J8}{h7})^*$			$\frac{D10}{h8}$
	$\frac{C_{2a}^*}{B_{2a}}$	$\frac{H8^*}{h7}$	Класс 3а	$\frac{C_{3a}^*}{B_{3a}}$	$\frac{H10^*}{h10}$
Класс 3	$\frac{C_3}{B_3}$	$\frac{H8}{h8}$	Класс 4	$\frac{C_4}{B_4}$	$\frac{H11}{h11}$
		$\frac{H9}{h8}$		$\frac{X_4}{B_4}$	$\frac{D11}{h11}$
	$\frac{C_3}{B_3}$	$\frac{H8}{h9}$		$\frac{L_4}{B_4}$	$\frac{B11}{h11}$
		$\frac{H9}{h9}$			$\frac{C11}{h11}$ (от 1 до 18 и св. 160 до 500)
	$\frac{X_3}{B_3}$	$\frac{F9}{h8}$		$\frac{\Pi_4}{B_4}$	$\frac{A11}{h11}$
		$\frac{F8}{h9}$			$\frac{B11}{h11}$ (от 1 до 18 и св. 200 до 500)
		$\frac{E9}{h8}$	Класс 5	$\frac{C_5}{B_5}$	$\frac{H12}{h12}$
		$\frac{E8}{h9}$			$\frac{B12}{h12}$
	$\frac{\Pi_3}{B_3}$	$\frac{D9}{h8}$		$\frac{X_5}{B_5}$	$\frac{B12}{h12}$

Примечания: 1. В скобках отмечены посадки по СТ СЭВ 144—75, в которых использованы поля допусков из дополнительного набора.

2. Звездочкой отмечены посадки по системе ОСТ, введенные из системы ИСО, и соответствующие им посадки ИСО.

Допуски углов конусов с конусностью не более 1:3 назначают в зависимости от номинальной длины конуса L (рис. 5, а), а конусов с конусностью более 1:3 — в зависимости от длины образующей конуса L_1 (рис. 5, б). Допуски углов призматических эле-

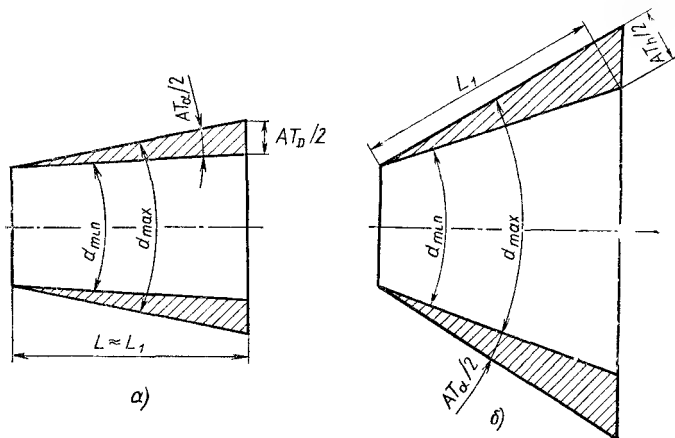


Рис. 5. Допуски углов конусов

ментов деталей назначают в зависимости от номинальной длины меньшей стороны угла (рис. 6).

Числовые значения допусков углов приведены в табл. 12. Значения AT'_x , полученные округлением точных значений AT_α , рекомендуют для указания допусков на чертежах. Значения AT_D , приведенные в табл. 12, относятся только к конусам с $K \leq 1:3$, т. е. для которых $AT_D \approx AT_h$. Для конусов с $K > 1:3$

$$AT_D = AT_h / \cos \frac{\alpha}{2},$$

где α — номинальный угол конуса.

При необходимости, допуски точнее 1-й степени точности (0; 01) получают последовательным делением допусков 1-й степени точности на коэффициент 1,6.

Неуказанные предельные отклонения углов приведены в СТ СЭВ 302—76. Числовые значения предельных отклонений углов соответствуют $\pm \frac{AT_{16}}{2}$ и $\pm \frac{AT_{17}}{2}$ по СТ СЭВ 178—75.

Допуски и посадки крепежных метрических резьб. Основным параметром резьбового сопряжения является средний диаметр.

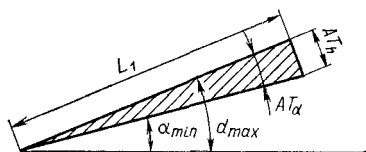


Рис. 6. Допуски углов призматических элементов деталей

12. Значения допусков углов по СТ СЭВ 178—75

Степени точности	Интервал					
	До 10	Св. 10 до 16	Св. 16 до 25	Св. 25 до 40	Св. 40 до 63	Св. 63 до 100
1	$\frac{10''}{\text{До } 0,5}$	$\frac{8''}{0,4-0,6}$	$\frac{6''}{0,5-0,8}$	$\frac{5''}{0,6-1,0}$	$\frac{4''}{0,8-1,3}$	$\frac{3''}{1,0-1,6}$
2	$\frac{16''}{\text{До } 0,8}$	$\frac{12''}{0,6-1,0}$	$\frac{10''}{0,8-1,3}$	$\frac{8''}{1,0-1,6}$	$\frac{6''}{1,3-2,0}$	$\frac{5''}{1,6-2,5}$
3	$\frac{26''}{\text{До } 1,3}$	$\frac{20''}{1,0-1,6}$	$\frac{16''}{1,3-2,0}$	$\frac{12''}{1,6-2,5}$	$\frac{10''}{2,0-3,2}$	$\frac{8''}{2,5-4,0}$
4	$\frac{40''}{\text{До } 2}$	$\frac{32''}{1,6-2,5}$	$\frac{26''}{2,0-3,2}$	$\frac{20''}{2,5-4,0}$	$\frac{16''}{3,2-5,0}$	$\frac{12''}{4,0-6,3}$
5	$\frac{1'}{\text{До } 3,2}$	$\frac{50''}{2,5-4}$	$\frac{40''}{3,2-5}$	$\frac{32''}{4-6,3}$	$\frac{26''}{5-8}$	$\frac{20''}{6,3-10}$
6	$\frac{1'40''}{\text{До } 5}$	$\frac{1'20''}{4-6,3}$	$\frac{1'}{5-8}$	$\frac{50''}{6,3-10}$	$\frac{40''}{8-12,5}$	$\frac{32''}{10-16}$
7	$\frac{2'30''}{\text{До } 8}$	$\frac{2'}{6,3-10}$	$\frac{1'40''}{8-12,5}$	$\frac{1'20''}{10-16}$	$\frac{1'}{12,5-20}$	$\frac{50''}{16-25}$
8	$\frac{4'}{\text{До } 12,5}$	$\frac{3'}{10-16}$	$\frac{2'30''}{12,5-20}$	$\frac{2'}{16-25}$	$\frac{1'40''}{20-32}$	$\frac{1'20''}{25-40}$
9	$\frac{6'}{\text{До } 20}$	$\frac{5'}{16-25}$	$\frac{4'}{20-32}$	$\frac{3'}{25-40}$	$\frac{2'30''}{32-50}$	$\frac{2'}{40-63}$
10	$\frac{10'}{\text{До } 32}$	$\frac{8'}{25-40}$	$\frac{6'}{32-50}$	$\frac{5'}{40-63}$	$\frac{4'}{50-80}$	$\frac{3'}{63-100}$
11	$\frac{16'}{\text{До } 50}$	$\frac{12'}{40-63}$	$\frac{10'}{50-80}$	$\frac{8'}{63-100}$	$\frac{6'}{80-125}$	$\frac{5'}{100-160}$
12	$\frac{26'}{\text{До } 80}$	$\frac{20'}{63-100}$	$\frac{16'}{80-125}$	$\frac{12'}{100-160}$	$\frac{10'}{125-200}$	$\frac{8'}{160-250}$
13	$\frac{40'}{\text{До } 125}$	$\frac{32'}{100-160}$	$\frac{26'}{125-200}$	$\frac{20'}{160-250}$	$\frac{16'}{200-320}$	$\frac{12'}{250-400}$
14	$\frac{1^\circ}{\text{До } 0,20}$	$\frac{50'}{0,16-0,25}$	$\frac{40'}{0,2-0,32}$	$\frac{32'}{0,25-0,4}$	$\frac{26'}{0,32-0,5}$	$\frac{20'}{0,4-0,63}$
15	$\frac{1'40'}{\text{До } 32}$	$\frac{1'20'}{0,25-0,4}$	$\frac{1^\circ}{0,32-0,5}$	$\frac{50'}{0,4-0,63}$	$\frac{40'}{0,5-0,8}$	$\frac{32'}{0,63-1}$
16	$\frac{2^\circ}{\text{До } 0,5}$	$\frac{2^\circ}{0,4-0,63}$	$\frac{1^\circ}{0,5-0,8}$	$\frac{1^\circ}{0,63-1,0}$	$\frac{1^\circ}{0,8-1,25}$	$\frac{40'}{1,0-1,6}$
17	$\frac{4^\circ}{\text{До } 0,8}$	$\frac{4^\circ}{0,63-1,0}$	$\frac{2^\circ}{0,8-1,25}$	$\frac{2^\circ}{1,0-1,6}$	$\frac{2^\circ}{1,25-2,0}$	$\frac{1'20'}{1,6-2,5}$

(в числителе AT'_α , в знаменателе AT_h , AT_D , мкм)длин L ; L_1 , мм

Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1600	Св. 1600 до 2500
$\frac{2,5''}{1,3-2,0}$	$\frac{2''}{1,6-2,5}$	$\frac{1,5''}{2,0-3,2}$	$\frac{1''}{2,5-4,0}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$
$\frac{4''}{2,0-3,2}$	$\frac{3''}{2,5-4,0}$	$\frac{2,5''}{3,2-5,0}$	$\frac{2''}{4,0-6,3}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$
$\frac{6''}{3,2-5,0}$	$\frac{5''}{4,0-6,3}$	$\frac{4''}{5,0-8,0}$	$\frac{3''}{6,3-10}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$
$\frac{10''}{5,0-8,0}$	$\frac{8''}{6,3-10}$	$\frac{6''}{8-12,5}$	$\frac{5''}{10-16}$	$\frac{4''}{12,5-20}$	$\frac{3''}{16-25}$	$\frac{2,5''}{20-32}$
$\frac{16''}{8-12,5}$	$\frac{12''}{10-16}$	$\frac{10''}{12,5-20}$	$\frac{8''}{16-25}$	$\frac{6''}{20-32}$	$\frac{5''}{25-40}$	$\frac{4''}{32-50}$
$\frac{26''}{12,5-20}$	$\frac{20''}{16-25}$	$\frac{16''}{20-32}$	$\frac{12''}{25-40}$	$\frac{10''}{32-50}$	$\frac{8''}{40-63}$	$\frac{6''}{50-80}$
$\frac{40''}{20-32}$	$\frac{32''}{25-40}$	$\frac{26''}{32-50}$	$\frac{20''}{40-63}$	$\frac{16''}{50-80}$	$\frac{12''}{63-100}$	$\frac{10''}{80-125}$
$\frac{1'}{32-50}$	$\frac{50''}{40-63}$	$\frac{40''}{50-80}$	$\frac{32''}{63-100}$	$\frac{26''}{80-125}$	$\frac{20''}{100-160}$	$\frac{16''}{125-200}$
$\frac{1'40''}{50-80}$	$\frac{1'20''}{63-100}$	$\frac{1'}{80-125}$	$\frac{50''}{100-160}$	$\frac{40''}{125-200}$	$\frac{32''}{160-250}$	$\frac{26''}{200-320}$
$\frac{2'30''}{80-125}$	$\frac{2'}{100-160}$	$\frac{1'40''}{125-200}$	$\frac{1'20''}{160-250}$	$\frac{1'}{200-320}$	$\frac{50''}{250-400}$	$\frac{40''}{320-500}$
$\frac{4'}{125-200}$	$\frac{3'}{160-250}$	$\frac{2'30''}{200-320}$	$\frac{2'}{250-400}$	$\frac{1'40''}{320-500}$	$\frac{1'20''}{400-630}$	$\frac{1'}{500-800}$
$\frac{6'}{200-320}$	$\frac{5'}{250-400}$	$\frac{4'}{320-500}$	$\frac{3'}{400-630}$	$\frac{2'30''}{500-800}$	$\frac{2'}{630-1000}$	$\frac{1'40''}{800-1250}$
$\frac{10'}{320-500}$	$\frac{8'}{400-630}$	$\frac{6'}{500-800}$	$\frac{5'}{630-1000}$	$\frac{4'}{800-1250}$	$\frac{3'}{1000-1600}$	$\frac{2'30''}{1250-2000}$
$\frac{16'}{0,5-0,8}$	$\frac{12'}{0,63-1,0}$	$\frac{10'}{0,8-1,25}$	$\frac{8'}{1,0-1,6}$	$\frac{6'}{1,25-2,0}$	$\frac{5'}{1,6-2,5}$	$\frac{4'}{2,0-3,2}$
$\frac{26'}{0,8-1,25}$	$\frac{20'}{1,0-1,6}$	$\frac{16'}{1,25-2,0}$	$\frac{12'}{1,6-2,5}$	$\frac{10'}{2,0-3,2}$	$\frac{8'}{2,5-4,0}$	$\frac{6'}{3,2-5,0}$
$\frac{40'}{1,25-2,0}$	$\frac{40'}{1,6-2,5}$	$\frac{20'}{2,0-3,2}$	$\frac{20'}{2,5-4,0}$	$\frac{20'}{3,2-5,0}$	$\frac{10'}{4,0-6,3}$	$\frac{10'}{5,0-8,0}$
$\frac{1'20''}{2,0-3,2}$	$\frac{1'20''}{2,5-4,0}$	$\frac{40'}{3,2-5,0}$	$\frac{40'}{4,0-6,3}$	$\frac{40'}{5,0-8,0}$	$\frac{20''}{6,3-10}$	$\frac{20''}{8,0-12,5}$

Погрешности шага и половины угла профиля, влияющие на взаимозаменяемость, компенсируют изменением среднего диаметра. В связи с этим допуск на средний диаметр называют комплексным или суммарным. Этот допуск состоит из допустимых отклонений собственно среднего диаметра, а также диаметральных компенсаций погрешностей шага f_P и половины угла профиля f_α .

$$Td_2(TD_2) = I_{d_2}(f_{D_2}) + f_P + f_\alpha,$$

где Td_2 и TD_2 — комплексные допуски соответственно на средний диаметр наружной резьбы (болта) и внутренней резьбы (гайки), мкм; $f_P = 1,732\Delta P$, где ΔP — погрешность шага, учитывающая суммарную накопленную и местную погрешности шагов, мкм; $f_\alpha = 0,36P\Delta \frac{\alpha}{2}$, где P — шаг резьбы, мм; $\Delta \frac{\alpha}{2}$ — погрешность половины угла профиля в угловых минутах.

Средний диаметр резьбы, увеличенный у болта и уменьшенный у гайки на суммарную диаметральную компенсацию погрешностей шага и половины угла профиля, называют приведенным средним диаметром $d_{пр}(D_{пр})$. Для наружной резьбы (болта) $d_{пр} = d_{2\text{изм}} + f_P + f_\alpha$, а для внутренней резьбы (гайки) $D_{пр} = D_{2\text{изм}} - (f_P + f_\alpha)$, где $d_{2\text{изм}}$ и $D_{2\text{изм}}$ — измеренные размеры соответственно среднего диаметра болта и гайки, мм; f_P и f_α — в мм.

Допуски и посадки метрических резьб нормируют стандарты СЭВ 640—77 (для посадок с зазорами), СЭВ 306—76 (для посадок с натягом) и СЭВ 305—76 (для переходных посадок).

СТ СЭВ 640—77 распространяется на метрическую резьбу с профилем по СТ СЭВ 180—75, с диаметрами по СТ СЭВ 181—75 и СТ СЭВ 183—75 (резьба для приборостроения), основными размерами по СТ СЭВ 182—75 и СТ СЭВ 184—75 (резьба для приборостроения). Стандартом установлены степени точности, определяющие допуски диаметров резьбы и обозначенные числами (табл. 13). Допуски среднего диаметра являются суммарными, а допуски диаметров d_1 и D не устанавливаются.

13. Степени точности диаметров резьбы по СТ СЭВ 640—77

Резьба	Диаметр резьбы	Степени точности
Наружная	Наружный d	4; 6; 8
	Средний d_2	3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10*
Внутренняя	Внутренний D_1	4; 5; 6; 7; 8
	Средний D_2	4; 5; 6; 7; 8; 9*

* Только для резьб на деталях из пластмасс.

Схемы расположения полей допусков наружной и внутренней резьбы приведены на рис. 7 и 8. Отклонения отсчитывают от номинального профиля резьбы, показанного на рис. 7 и 8 утолщенной линией, в направлении, перпендикулярном оси резьбы. Расположение полей допусков резьбы относительно номинального профиля определяют основным отклонением (верхним es для наружной резьбы и нижним EI для внутренней) и обозначают буквами латинского алфавита (табл. 14).

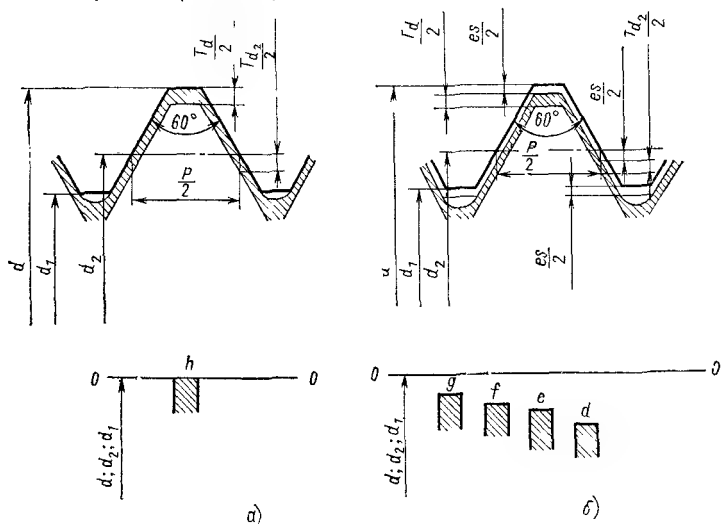


Рис. 7. Схемы расположения полей допусков наружной резьбы (болтов) с основными отклонениями:

а — h ; б — d , e , f , g ; T_d и T_{d_2} — соответственно допуски наружного диаметра d и среднего диаметра d_2 ; es — верхнее отклонение диаметров

Сочетанием основного отклонения и допуска, определяемого степенью точности, образуют поле допуска диаметра резьбы. Обозначение этого поля состоит из цифры, показывающей степень точности, и буквы, обозначающей основное отклонение, например $6h$; $6H$; $6g$ и т. д. Обозначение поля допуска резьбы в целом состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра, помещаемого на первом месте, и обозначения поля допуска наружного диаметра (d) для наружной резьбы и внутреннего (D_1) — для внутренней резьбы, например, $7h6h$; $5H6H$; $7g6g$ и т. п. Если степени точности и основные отклонения по обоим диаметрам резьбы одинаковы, то они в обозначении поля допуска не повторяются, например, $6h$; $5H$; $6H$ и т. д. Обозначение поля допуска резьбы ставят после обозначения ее размера, например наружная резьба с крупным шагом $M12-6g$, с мелким шагом $M12 \times 1-6g$; внутренняя резьба с крупным шагом $M12-6H$, с мелким шагом $M12 \times 1-6H$ и т. п.

Посадки резьбовых деталей обозначают дробью; в числителе последней указывают обозначение поля допуска внутренней резьбы,

а в знаменателе — обозначение поля допуска наружной резьбы. Например $M12-6H/6g$, $M12 \times 1-6H/6g$ и т. п.

Стандарт устанавливает три класса точности полей допусков наружной и внутренней резьбы: точный, средний и грубый (табл 15). Поля допусков, приведенные в табл. 15, являются ограничительным отбором из всей совокупности полей допусков, которые могут быть получены различным сочетанием степеней точности и основных отклонений. Поля допусков, не предусмотренные в указанной таб-

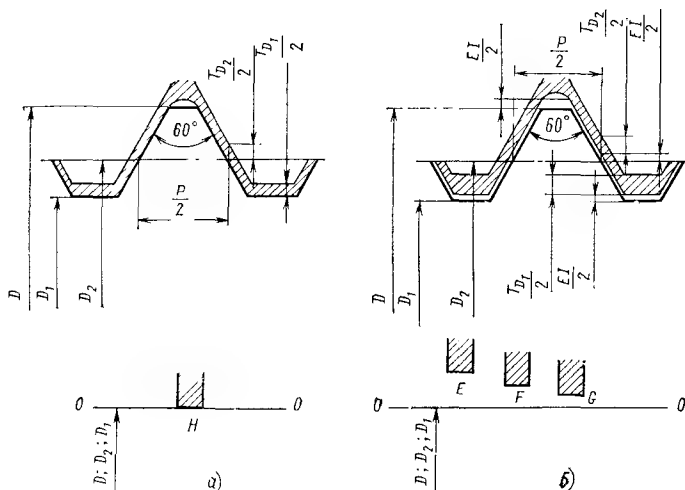


Рис. 8. Схемы расположения полей допусков внутренней резьбы (гаек) с основными отклонениями:

a — H ; b — E , F , G ; T_{D_1} и T_{D_2} — соответственно допуски внутреннего диаметра D_1 и среднего диаметра D_2

лице, являются специальными. Их можно применять только в технических и экономически обоснованных случаях.

В посадках разрешаются любые сочетания полей допусков наружной и внутренней резьбы, которые установлены СТ СЭВ 640—77. При назначении степени точности резьбы учитывают длину свинчивания. Установлены три группы длин свинчивания: S — малые, N — нормальные, L — большие. К группе S относят длины свинчивания до $2,24Pd^{0,2}$, к группе N — длины от $2,24Pd^{0,2}$ до $6,7Pd^{0,2}$ и к группе L — длины свыше $6,7Pd^{0,2}$. Для длин свинчивания группы S «грубый» класс точности не применяют. При одном и том же классе точности допуск среднего размера для длин свинчивания S уменьшают, а для длин L увеличивают на одну степень по сравнению с допусками, установленными для нормальных длин свинчивания.

При необходимости длину свинчивания указывают в обозначении резьбы в следующих случаях: 1) если она относится к группе L ; 2) если она относится к группе S , но меньше, чем вся длина резьбы; например $M12-7g6g-30$.

14. Основные отклонения диаметров резьбы по СТ СЭВ 640—77

Резьба	Диаметр резьбы	Основные отклонения
Наружная	Наружный d	$d; e; f; g; h$
	Средний d_2	
Внутренняя	Внутренний D_1	$E; F; G; H$
	Средний D_2	

Примечания: 1. Верхнее отклонение диаметра d_1 соответствует основному отклонению диаметра d_2 .
 2. Нижнее отклонение диаметра D соответствует основному отклонению диаметра D_2 .
 3. Основные отклонения E и F установлены только для специального применения при значительных толщинах слоя защитного покрытия.

15. Поля допусков резьб по СТ СЭВ 640—77

Класс точности	Длины свинчивания		
	S (короткие)	N (нормальные)	L (длинные)
	Поля допусков		
Наружная резьба			
Точный	(3h4h)	4g; 4h	(5h4h)
Средний	5g6g; 5h6h	6d; 6e; 6f; 6g ; 6h	(7e6e); 7g6g; (7h6h)
Грубый	—	8g; (8h)	(9g8g)
Внутренняя резьба			
Точный	4H	4H5H; 5H	6H
Средний	(5G); 5H	6G; 6H	(7G); 7H
Грубый	—	7G; 7H	(8G); 8H

Примечания: 1. Рамкой обведены поля допусков предпочтительного применения. 2. Поля допусков, указанные в скобках, применять не рекомендуется. 3. Поле допуска 8h только для резьб с шагом $P \geq 0,8$ мм; для резьб с шагом $P < 0,8$ мм применяют поле допуска 8h6h. 4. В обоснованных случаях разрешается применять поля допусков резьб, образованные иными сочетаниями указанных в таблице полей допусков, например 4h6h; 8h6h; 7H6H. 5. При длинах свинчивания S и L допускается применять поля допусков, установленные для длин свинчивания N.

В табл. 16 приведены предельные отклонения диаметров наружной резьбы (болтов), а в табл. 17 — внутренней резьбы (гаек) для рекомендуемых полей допусков по СТ СЭВ 640—77.

16. Предельные отклонения диаметров наружной

Номинальный диаметр резьбы d , мм	Шаг P , мм	Предельные отклонения (мкм)																			
		4g				4h				5g6g				5h6h				6d			
		es (—)		ei (—)		es		ei (—)		es (—)		ei (—)		es		ei (—)		es (—)		ei (—)	
		d, d_1, d_2	d, d_1, d_2	d, d_1, d_2	d, d_1, d_2	d, d_1, d_2	d, d_1, d_2	d, d_1, d_2	d, d_1, d_2	d, d_1, d_2	d, d_1, d_2	d, d_1, d_2	d, d_1, d_2	d, d_1, d_2	d, d_1, d_2	d, d_1, d_2	d, d_1, d_2	d, d_1, d_2	d, d_1, d_2	d, d_1, d_2	
От 1,0 до 1,4	0,2	17	53	47		36	30	17	73	55		56	38	—	—	—	—	—	—	—	
	0,25	18	60	52	0	42	34	18	85	60	0	67	42	—	—	—	—	—	—	—	
	0,3	18	66	54		48	36	18	93	63		75	45	—	—	—	—	—	—	—	
Св. 1,4 до 2,8	0,2	17	53	49		36	32	17	73	57		56	40	—	—	—	—	—	—	—	
	0,25	18	60	54		42	36	18	85	63		67	45	—	—	—	—	—	—	—	
	0,35	19	72	59	0	53	40	19	104	69	0	85	50	—	—	—	—	—	—	—	
	0,4	19	79	61		60	42	19	114	72		95	53	—	—	—	—	—	—	—	
	0,45	20	83	65		63	45	20	120	76		100	56	—	—	—	—	—	—	—	
Св. 2,8 до 5,6	0,25	18	60	54		42	36	18	85	63		67	45	—	—	—	—	—	—	—	
	0,35	19	72	61		53	42	19	104	72		85	53	—	—	—	—	—	—	—	
	0,50	20	87	68		67	48	20	126	80		106	60	—	—	—	—	—	50	—	
	0,60	21	101	74	0	80	53	21	146	88	0	125	67	—	—	—	—	—	53	—	
	0,70	22	112	78		90	56	22	162	93		140	71	—	—	—	—	—	56	—	
	0,75	22	112	78		90	56	22	162	93		140	71	—	—	—	—	—	56	—	
	0,80	24	119	84		95	60	24	174	99		150	75	—	—	—	—	—	60	—	
Св. 5,6 до 11,2	0,25	18	60	58		42	40	18	85	68		67	50	—	—	—	—	—	—	—	
	0,35	19	72	64		53	45	19	104	75		85	56	—	—	—	—	—	—	—	
	0,50	20	87	73		67	53	20	126	87		106	67	—	—	—	—	—	50	—	
	0,75	22	112	85	0	90	63	22	162	102	0	140	80	—	—	—	—	—	56	—	
	1,00	26	138	97		112	71	26	206	116		180	90	90	270	202	60	—	—	—	
	1,25	28	160	103		132	75	28	240	123		212	95	95	307	213	63	—	—	—	
	1,50	32	182	117		150	85	32	268	138		236	106	95	331	227	67	—	—	—	
Св. 11,2 до 22,4	0,35	19	72	67		53	48	19	104	79		85	60	—	—	—	—	—	—	—	
	0,50	20	87	76		67	56	20	126	91		106	71	—	—	—	—	—	50	—	
	0,75	22	112	89		90	67	22	162	107		140	85	—	—	—	—	—	56	—	
	1,00	26	138	101		112	75	26	206	121		180	95	90	270	208	60	—	—	—	
	1,25	28	160	113	0	132	85	28	240	134	0	212	106	95	307	227	63	—	—	—	
	1,5	32	182	122		150	90	32	268	144		236	112	95	331	235	67	—	—	—	
	1,75	34	204	129		170	95	34	299	152		265	118	100	365	250	71	—	—	—	
	2,00	38	218	138		180	100	38	318	163		280	125	100	380	260	71	—	—	—	
	2,50	42	254	148		212	106	42	377	174		335	132	106	441	276	80	—	—	—	

резьбы (болтов) по СТ СЭВ 640—77

диаметров резьбы для полей допусков

6e			6f			6g			6h			7g6g			8g		
ei (—)		es (—)	ei (—)		es (—)	ei (—)		es (—)	ei (—)		es (—)	ei (—)		es (—)	ei (—)		es (—)
d	d ₂	d, d ₁ , d ₂	d	d ₂	d, d ₁ , d ₂	d	d ₂	d, d ₁ , d ₂	d	d ₂	d, d ₁ , d ₂	d	d ₂	d, d ₁ , d ₂	d	d ₂	d, d ₁ , d ₂
—	—	32	88	80	17	73	65	G	56	48	17*	73*	77*	—	—	—	—
—	—	33	100	86	18	85	71		67	53	18*	85*	85*	—	—	—	—
—	—	33	108	89	18	93	74		75	56	18*	93*	89*	—	—	—	—
—	—	32	88	82	17	73	67	0	56	50	17*	73*	80*	—	—	—	—
—	—	33	100	89	18	85	74		67	56	18*	85*	89*	—	—	—	—
—	—	34	119	97	19	104	82		85	63	19	104	99	—	—	—	—
—	—	34	129	101	19	114	86		95	67	19	114	104	—	—	—	—
—	—	35	135	106	20	120	91		100	71	20	120	110	—	—	—	—
—	—	33	100	89	18	85	74	0	67	56	18*	85*	89*	—	—	—	—
—	—	34	119	101	19	104	86		85	67	19	104	104	—	—	—	—
156	125	36	142	111	20	126	95		106	75	20	126	115	—	—	—	—
178	138	36	161	121	21	146	102		125	85	21	146	127	—	—	—	—
196	146	38	178	128	22	162	112		140	90	22	162	134	—	—	—	—
196	146	38	178	128	22	162	112		140	90	22	162	134	—	—	—	—
210	155	38	188	133	24	174	119		150	95	24	174	142	24	260	174	—
—	—	33	100	96	18	85	81	0	67	63	18*	85*	99*	—	—	—	—
—	—	34	119	105	19	104	90		85	71	19	104	109	—	—	—	—
156	135	36	142	121	20	126	105		106	85	20	126	126	—	—	—	—
196	156	38	178	138	22	162	122		140	100	22	162	147	—	—	—	—
240	172	40	220	152	26	206	138		180	112	26	206	166	26	306	206	—
275	181	42	254	160	28	240	146		212	113	28	240	178	28	363	218	—
303	199	45	281	177	32	268	164		236	132	32	268	202	32	407	244	—
—	—	34	119	109	19	104	94	0	85	75	19	104	114	—	—	—	—
156	140	36	142	126	20	126	110		106	90	20	126	132	—	—	—	—
196	162	38	178	144	22	162	128		140	106	22	162	154	—	—	—	—
240	178	40	220	158	26	206	144		180	118	26	206	176	26	306	216	—
275	195	42	254	174	28	240	160		212	132	28	240	198	28	363	240	—
303	207	45	281	185	32	268	172		236	140	32	268	212	32	407	256	—
336	221	48	313	198	34	299	184		265	150	34	299	224	34	259	270	—
351	231	52	332	212	38	318	198		280	160	38	318	238	38	488	288	—
415	250	58	393	228	42	377	212		335	179	42	377	254	42	572	307	—

Номинальный диаметр резьбы d , мм		Шаг P , мм	Предельные отклонения (мкм)																					
			4g				4h				5g6g				5h6h				6d					
			$es(-)$		$ei(-)$		es		$ei(-)$		$es(-)$		$ei(-)$		es		$ei(-)$		$es(-)$		$ei(-)$		$es(-)$	
			d, d_1, d_2	d	d_2	d, d_1, d_2	d	d_2	d, d_1, d_2	d	d_2	d, d_1, d_2	d	d_2	d, d_1, d_2	d	d_2	d, d_1, d_2	d	d_2	d, d_1, d_2	d	d_2	d, d_1, d_2
Св. 22,4 до 45	0,5	20	87	80		67	60	20	126	95		106	75	—	—	—	50							
	0,75	22	112	93		90	71	22	162	112		140	90	—	—	—	56							
	1,00	26	138	106		112	80	26	206	126		180	100	90	270	215	60							
	1,5	32	182	127		150	95	32	268	150		236	118	95	331	245	67							
	2,00	38	218	144	0	180	106	38	318	170	0	280	132	100	380	270	71							
	3,00	48	284	173		236	125	48	423	208		375	160	112	487	312	85							
	3,5	53	318	185		265	132	53	478	223		425	170	118	543	330	90							
4,0	60	360	200		300	140	60	535	240		475	180	125	600	349	95								
4,5	63	378	213		315	150	63	563	253		500	190	132	632	368	100								
Св. 45 до 90	0,5	20	87	83		67	63	20	126	100		106	80	—	—	—	50							
	0,75	22	112	97		90	75	22	162	117		140	95	—	—	—	56							
	1,00	26	138	116		112	90	26	206	138		180	112	90	270	230	60							
	1,50	32	182	132		150	100	32	268	157		236	125	95	331	255	67							
	2,00	38	218	150		180	112	38	318	178		280	140	100	380	280	71							
	3,00	48	284	180	0	236	132	48	423	218	0	375	170	112	487	324	85							
	4,00	60	360	210		300	150	60	535	250		475	190	125	600	361	95							
	5,00	71	406	231		335	160	71	601	271		530	200	132	662	382	106							
5,50	75	430	245		355	170	75	635	287		560	212	140	700	405	112								
6,00	80	455	260		375	180	80	680	304		600	224	150	750	430	118								
Св. 90 до 180	0,75	22	112	102		90	80	22	162	122		140	100	—	—	—	56							
	1,00	26	138	121		112	95	26	206	144		180	118	90	270	240	60							
	1,50	32	182	138		150	106	32	268	164		236	132	95	331	265	67							
	2,00	38	218	156	0	180	118	38	318	188	0	280	150	100	380	290	71							
	3,00	48	284	188		236	140	48	423	228		375	180	112	487	336	85							
	4,00	60	360	220		300	160	60	535	260		475	200	125	600	375	95							
	6,00	80	455	270		375	190	80	680	316		600	236	150	750	450	118							
Св. 180 до 355	1,50	32	182	144		150	112	32	268	172		236	140	95	331	275	67							
	2,00	38	218	170		180	132	38	318	208		280	170	100	380	312	71							
	3,00	48	284	208	0	236	160	48	423	248	0	375	200	112	487	362	85							
	4,00	60	360	240		300	180	60	535	284		475	224	125	600	405	95							
	6,00	80	455	280		375	200	80	680	330		600	250	150	750	465	118							
Св. 355 до 600	2,00	38	218	178		180	140	38	318	218		280	180	100	380	324	71							
	4,00	60	360	250	0	300	190	60	535	296	0	475	236	125	600	425	95							
	6,00	80	455	292		375	212	80	680	345		600	265	150	750	485	118							

Примечания: 1. Нижнее отклонение диаметра d_1 не устанавливается, ния, отмеченные звездочкой, назначать не рекомендуется.

Продолжение табл. 16

диаметров резьбы для полей допусков

6e		6f				6g				6h				7g6g				8g				
ei (—)		es (—)		ei (—)		es (—)		ei (—)		es (—)		ei (—)		es (—)		ei (—)		es (—)		ei (—)		
d	d ₂	d, d ₁ , d ₂	d	d ₂	d, d ₁ , d ₂	d	d ₂	d, d ₁ , d ₂	d	d ₂	d, d ₁ , d ₂	d	d ₂	d, d ₁ , d ₂	d	d ₂	d, d ₁ , d ₂	d	d ₂	d, d ₁ , d ₂	d	d ₂
156	145	36	142	131	20	126	115	0	106	95	20	126	138	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196	168	38	178	150	22	162	134		140	112	22	162	162	—	—	—	—	—	—	—	—	—
240	185	40	220	165	26	206	151		180	125	26	206	186	26	306	226	—	—	—	—	—	—
303	217	45	281	195	32	268	182		236	150	32	268	222	32	407	268	—	—	—	—	—	—
351	241	52	332	222	38	318	208		280	170	38	318	250	38	488	303	—	—	—	—	—	—
460	285	63	438	263	48	423	248		375	200	48	423	298	48	648	363	—	—	—	—	—	—
515	302	—	—	—	53	478	265		425	212	53	478	318	53	723	388	—	—	—	—	—	—
570	319	—	—	—	60	535	284		475	224	60	535	340	60	810	415	—	—	—	—	—	—
600	336	—	—	—	63	563	299	500	236	63	563	363	63	863	438	—	—	—	—	—	—	
156	150	36	142	136	20	126	120	0	106	100	20	126	145	—	—	—	—	—	—	—	—	—
196	174	38	178	156	22	162	140		140	118	22	162	172	—	—	—	—	—	—	—	—	—
240	200	40	220	180	26	206	166		180	140	26	206	206	26	306	250	—	—	—	—	—	—
303	227	45	281	205	32	268	192		236	160	32	268	232	32	407	282	—	—	—	—	—	—
351	251	52	332	232	38	318	218		280	180	38	318	262	38	488	318	—	—	—	—	—	—
460	297	63	438	275	48	423	260		375	212	48	423	313	48	648	383	—	—	—	—	—	—
570	331	—	—	—	60	535	296		475	236	60	535	360	60	810	435	—	—	—	—	—	—
636	356	—	—	—	71	601	321		530	250	71	601	386	71	921	471	—	—	—	—	—	—
672	377	—	—	—	75	635	340	560	265	75	635	410	75	975	500	—	—	—	—	—	—	
718	398	—	—	—	80	680	360	600	280	80	680	435	80	1030	530	—	—	—	—	—	—	
196	181	38	178	163	22	162	147	0	140	125	22	162	182	—	—	—	—	—	—	—	—	—
240	210	40	220	190	26	206	176		180	150	26	206	216	—	—	—	—	—	—	—	—	—
303	237	45	281	215	32	268	202		236	170	32	268	244	32	407	297	—	—	—	—	—	—
351	261	52	332	242	38	318	228		280	190	38	318	274	38	488	338	—	—	—	—	—	—
460	309	63	438	287	48	423	272		375	224	48	423	328	48	648	403	—	—	—	—	—	—
570	345	—	—	—	60	535	310		475	250	60	535	375	60	810	460	—	—	—	—	—	—
718	418	—	—	—	80	680	380		600	300	80	680	455	80	1030	555	—	—	—	—	—	—
303	247	45	281	225	32	268	212	0	236	180	32	268	256	32	407	312	—	—	—	—	—	—
351	283	52	332	257	38	318	250		280	212	38	318	303	38	488	373	—	—	—	—	—	—
460	335	63	438	313	48	423	298		375	250	48	423	363	48	648	448	—	—	—	—	—	—
570	375	—	—	—	60	535	340		475	280	60	535	415	60	810	510	—	—	—	—	—	—
718	433	—	—	—	80	680	395		600	315	80	680	480	80	1030	530	—	—	—	—	—	—
351	295	52	332	276	38	318	262	0	280	224	38	318	318	38	488	393	—	—	—	—	—	—
570	395	—	—	—	60	535	360		475	300	60	535	435	60	810	535	—	—	—	—	—	—
718	453	—	—	—	80	680	415		600	335	80	680	505	80	1030	610	—	—	—	—	—	—

то косвенно ограничивается формой впадины болта. 2. Предельные отклоне-

17. Предельные отклонения диаметров внутренней резьбы (гаек) по СТ СЭВ 640—77

Номинальный диаметр резьбы d , мм	Шаг P , мм	Предельные отклонения (мкм) диаметров резьбы для полей допусков																	
		4H		4H5H		5H		6G			6H		7G			7H		8H	
		ES (+)		ES (+)		ES (+)		EI (+)		ES (+)	ES (+)		EI (+)		ES (+)	ES (+)		ES (+)	
		D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1	D, D_1, D_2	D_2	D_1	D_2	D_1	D, D_1, D_2	D_2	D_1	D_2	D_1	D_2	D_1
От 1 до 1,4	0,2	40	38	40	48	50	48	17	80	77	63	60	—	—	—	—	—	—	—
	0,25	45	45	45	56	56	56	18	89	89	71	71	—	—	—	—	—	—	—
	0,3	48	53	48	67	60	67	18	93	103	75	85	—	—	—	—	—	—	—
Св. 1,4 до 2,8	0,2	42	38	42	48	53	48	17	84	77	67	60	—	—	—	—	—	—	—
	0,25	48	45	48	56	60	56	18	93	89	75	71	—	—	—	—	—	—	—
	0,35	53	63	53	80	67	80	19	104	119	85	100	—	—	—	—	—	—	—
	0,4	56	71	56	90	71	90	19	109	131	90	112	—	—	—	—	—	—	—
	0,45	60	80	60	100	75	100	20	115	145	95	125	—	—	—	—	—	—	—
Св. 2,8 до 5,6	0,25	48	45	48	56	60	56	18	93	89	75	71	—	—	—	—	—	—	—
	0,35	56	63	56	80	71	80	19	109	119	90	100	—	—	—	—	—	—	—
	0,5	63	90	63	112	80	112	20	120	160	100	140	20	145	200	125	180	—	—
	0,6	71	100	71	125	90	125	21	133	181	112	160	21	161	221	140	200	—	—
	0,7	75	112	75	140	95	140	22	140	202	118	180	22	172	246	150	224	—	—
	0,75	75	118	75	150	95	150	22	140	212	118	190	22	172	258	150	236	—	—
	0,8	80	125	80	160	100	160	24	149	224	125	200	24	184	274	160	250	200	315
Св. 5,6 до 11,2	0,25	53	45	53	56	67	56	18	103	89	85	71	—	—	—	—	—	—	—
	0,35	60	63	60	80	75	80	19	114	119	95	100	—	—	—	—	—	—	—
	0,5	71	90	71	112	90	112	20	132	160	112	140	20	160	200	140	180	—	—
	0,75	85	118	85	150	106	150	22	154	212	132	190	22	192	258	170	236	—	—
	1	95	150	95	190	118	190	26	176	262	150	236	26	216	326	190	300	236	375
	1,25	100	170	100	212	125	212	28	188	293	160	265	28	228	363	200	335	250	425
	1,5	112	190	112	236	140	236	32	212	332	180	300	32	256	407	224	375	280	475
Св. 11,2 до 22,4	0,35	63	63	63	80	80	80	19	119	119	100	100	—	—	—	—	—	—	—
	0,5	75	90	75	112	95	112	20	138	160	118	140	20	170	200	150	180	—	—
	0,75	90	118	90	150	112	150	22	162	212	140	190	22	202	258	180	236	—	—
	1	100	150	100	190	125	190	26	186	262	160	236	26	226	326	200	300	250	375
	1,25	112	170	112	212	140	212	28	208	293	180	265	28	252	363	224	335	280	425
	1,5	118	190	118	236	150	236	32	222	332	190	300	32	268	407	236	375	300	475
	1,75	125	212	125	265	160	265	34	234	369	200	335	34	284	459	250	425	315	530

	2	132	236	132	300	170	300	38	250	413	212	375	38	303	513	265	475	335	600
	2,5	140	280	140	355	180	355	42	266	492	224	450	42	322	602	280	560	355	710
Св. 22,4 до 45	0,5	50	90	80	112	100	112	20	145	160	125	140	—	—	—	—	—	—	—
	0,75	95	118	95	150	118	150	22	172	212	150	190	22	212	258	190	236	—	—
	1	108	150	106	190	132	190	26	196	262	170	236	26	238	326	212	300	265	375
	1,5	125	190	125	236	160	236	32	232	332	200	300	32	282	407	250	375	315	475
	2	140	236	140	300	180	300	38	262	413	224	375	38	318	513	280	475	355	600
	3	170	315	170	400	212	400	48	313	548	265	500	48	383	678	335	630	425	800
	3,5	180	355	180	450	224	450	53	333	613	280	560	53	408	763	355	710	450	900
	4	190	375	190	475	236	475	60	360	660	300	600	60	435	810	375	750	475	950
	4,5	200	425	200	530	250	530	63	378	733	315	670	63	463	913	400	850	500	1060
Св. 45 до 90	0,5	55	90	85	112	106	112	20	152	160	132	140	—	—	—	—	—	—	—
	0,75	100	118	100	150	125	150	22	182	212	160	190	—	—	—	—	—	—	—
	1	118	150	118	190	150	190	26	216	262	190	236	26	262	326	236	300	300	375
	1,5	132	190	132	236	170	236	32	244	332	212	300	32	297	407	265	375	335	475
	2	150	236	150	300	190	300	38	274	413	236	375	38	338	513	300	475	375	600
	3	180	315	180	400	224	400	48	328	548	280	500	48	403	678	355	630	450	800
	4	200	375	200	475	250	475	60	375	660	315	600	60	460	810	400	750	500	950
	5	212	450	212	560	265	560	71	406	781	335	710	71	496	971	425	900	530	1120
Св. 90 до 180	0,75	106	118	106	150	132	150	22	192	212	170	190	—	—	—	—	—	—	—
	1	125	150	125	190	160	190	26	226	262	200	236	26	276	326	250	300	—	—
	1,5	140	190	140	236	180	236	32	256	332	224	300	32	312	407	280	375	355	475
	2	160	236	160	300	200	300	38	288	413	250	375	38	353	513	315	475	400	600
	3	190	315	190	400	236	400	48	348	548	300	500	48	423	678	375	630	475	800
	4	212	375	212	475	265	475	60	395	660	335	600	60	485	810	425	750	530	950
	5	250	500	250	630	315	630	80	480	880	400	800	80	580	1080	500	1000	630	1250
	6	250	500	250	630	315	630	80	480	880	400	800	80	580	1080	500	1000	630	1250
Св. 180 до 355	1,5	150	236	150	236	190	236	32	268	332	236	300	32	332	407	300	375	375	475
	2	180	236	180	300	224	300	38	318	413	280	375	38	393	513	355	475	450	600
	3	212	315	212	400	265	400	48	383	548	335	500	48	473	678	425	630	530	800
	4	236	375	236	475	300	475	60	435	660	375	600	60	535	810	475	750	600	950
	6	265	500	265	630	335	630	80	505	880	425	800	80	610	1080	530	1000	670	1250
Св. 355 до 600	2	190	236	190	300	236	300	38	338	413	300	375	38	413	513	375	475	475	600
	4	250	375	250	475	315	475	60	460	660	400	600	60	560	810	500	750	630	950
	6	280	500	280	630	355	630	80	530	880	450	800	80	640	1080	560	1000	710	1250

Примечания: 1. Нижние отклонения EI диаметров D , D_1 и D_2 для полей допусков 4H, 4H5H, 5H, 6H, 7H, 8H равны нулю. 2. Верхнее отклонение наружного диаметра D не устанавливается.

ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Под отклонением формы (по СТ СЭВ 301—76) понимается отклонение формы реальной поверхности или реального профиля от формы номинальной поверхности или номинального профиля.

Отклонения формы отсчитывают от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей поверхности (профиля) по нормали к прилегающей поверхности (профилю). Основные виды прилегающих поверхностей и профилей приведены в табл. 18.

Основные виды отклонений формы по СТ СЭВ 301—76 приведены в табл. 19. Количественно отклонение формы оценивается наибольшим расстоянием от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей поверхности (профиля) по нормали к прилегающей поверхности (профилю).

Допуск формы — наибольшее допускаемое значение отклонения формы.

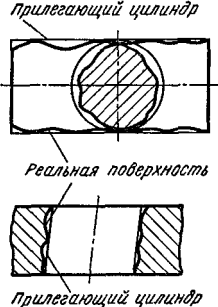
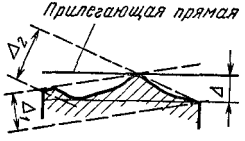
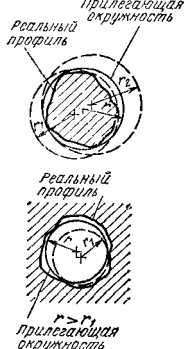
Поле допуска формы — область в пространстве или на плоскости, внутри которой должны находиться все точки реального рассматриваемого элемента в пределах нормируемого участка. Ширина или диаметр поля допуска определяется значением допуска, а расположение относительно реальной поверхности определяется прилегающим элементом.

Под отклонением расположения (по СТ СЭВ 301—76) понимается отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения. При оценке отклонений расположения отклонения формы рассматриваемых и базовых элементов исключаются. При этом реальные поверхности (профили) заменяются прилегающими, а за оси, плоскости симметрии и центры реальных поверхностей или профилей принимаются оси, плоскости симметрии и центры прилегающих элементов. Основные виды отклонений расположения приведены в табл. 20.

18. Основные виды прилегающих поверхностей и профилей

Эскиз	Определение
—	<i>Прилегающая поверхность</i> — поверхность, имеющая форму номинальной поверхности, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение
 $\Delta < \Delta_1; \Delta < \Delta_2$	<i>Прилегающая плоскость</i> — плоскость, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение

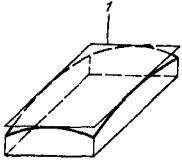
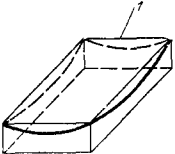
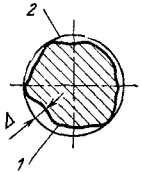
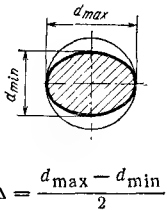
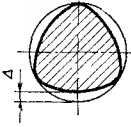
Продолжение табл. 18

Эскиз	Определение
 Прилегающий цилиндр Реальная поверхность Прилегающий цилиндр	Прилегающий цилиндр — цилиндр минимального диаметра, описанный вокруг реальной наружной поверхности, или максимального диаметра, вписанный в реальную внутреннюю поверхность
—	Прилегающий профиль — профиль, имеющий форму номинального профиля, соприкасающийся с реальным профилем и расположенный вне материала детали так, чтобы отклонение от него наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение
 Прилегающая прямая $\Delta < \Delta_1; \Delta < \Delta_2$	Прилегающая прямая — прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение
 Прилегающая окружность Реальный профиль Реальный профиль Прилегающая окружность $r > r_1, r > r_2$	← $r < r_1, r < r_2$ Прилегающая окружность — окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения, или максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения

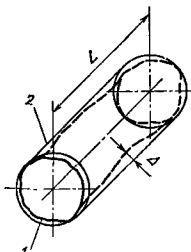
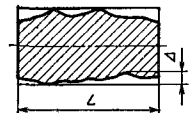
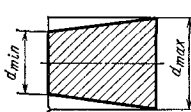
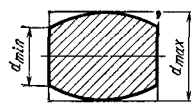
19. Основные виды отклонений формы

Наименование	Определение	Эскиз
Отклонение от прямолинейности в плоскости	Наибольшее расстояние Δ от точек реального профиля 1 до прилегающей прямой 2 в пределах нормируемого участка Частными видами отклонения от прямолинейности являются выпуклость и вогнутость	
Выпуклость	Отклонение от прямолинейности, при котором удаление точек реального профиля от прилегающей прямой 1 уменьшается от краев к середине	
Вогнутость	Отклонение от прямолинейности, при котором удаление точек реального профиля от прилегающей прямой 1 увеличивается от краев к середине	
Отклонение от прямолинейности оси (или линии) в пространстве	Наименьшее значение диаметра Δ цилиндра, внутри которого располагается реальная ось 1 поверхности вращения (линия) в пределах нормируемого участка	
Отклонение от плоскостности	Наибольшее расстояние Δ от точек реальной поверхности 1 до прилегающей плоскости 2 в пределах нормируемого участка Частными видами отклонений от плоскостности являются выпуклость и вогнутость	

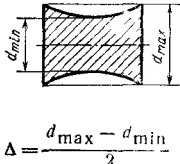
Продолжение табл. 19

Наименование	Определение	Эскиз
Выпуклость	Отклонение от плоскостности, при котором удаление точек реальной поверхности от прилегающей плоскости / уменьшается от краев к середине	
Вогнутость	Отклонение от плоскостности, при котором удаление точек реальной поверхности от прилегающей плоскости / увеличивается от краев к середине	
Отклонение от круглости	Наибольшее расстояние Δ от точек реального профиля / до прилегающей окружности 2. Частными видами отклонений от круглости являются овальность и огранка	
Овальность	Отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой овалобразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимно перпендикулярных направлениях	
Огранка	Отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру. Количественно овальность и огранка оцениваются так же, как отклонение от круглости	

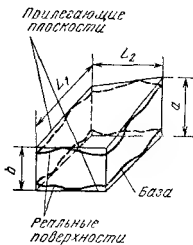
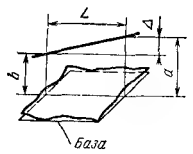
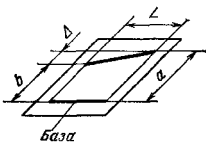
Продолжение табл. 19

Наименование	Определение	Эскиз
Отклонение от цилиндричности	Наибольшее расстояние Δ от точек реальной поверхности 1 до прилегающего цилиндра 2 в пределах нормируемого участка	
Отклонение профиля продольного сечения	Наибольшее расстояние Δ от точек образующих реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка. Частными видами отклонения профиля продольного сечения являются конусообразность, бочкообразность и седлообразность	
Конусообразность	Отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны	 $\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$
Бочкообразность	Отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к средним сечениям	 $\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$

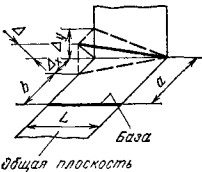
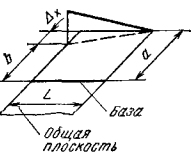
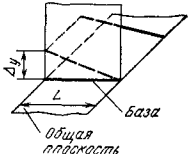
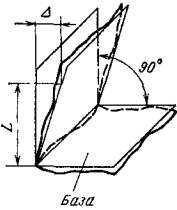
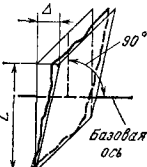
Продолжение табл. 19

Наименование	Определение	Эскиз
Седлообразность	Отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры уменьшаются от краев к средним сечениям	 $\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$

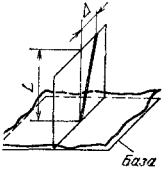
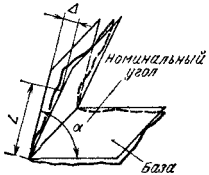
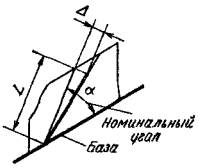
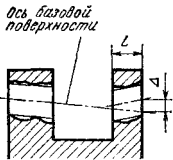
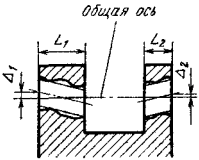
20. Основные виды отклонений расположения

Наименование	Определение	Эскиз
Отклонение от параллельности плоскостей	Разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний между плоскостями в пределах нормируемого участка	 $\Delta = a - b$
Отклонение от параллельности оси (или прямой) и плоскости	Разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний между осью (прямой) и плоскостью на длине нормируемого участка	 $\Delta = a - b$
Отклонение от параллельности прямых в плоскости	Разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний между прямыми на длине нормируемого участка	 $\Delta = a - b$

Продолжение табл. 20

Наименование	Определение	Эскиз
Отклонение от параллельности осей (или прямых) в пространстве	Геометрическая сумма Δ отклонений от параллельности проекций осей (прямых) в двух взаимно перпендикулярных плоскостях; одна из этих плоскостей является общей плоскостью осей	 База общая плоскость $\Delta_x = a - b;$ $\Delta = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2}$
Отклонение от параллельности осей (или прямых) в общей плоскости	Отклонение от параллельности Δ_x проекций осей (прямых) на их общую плоскость	 База общая плоскость $\Delta_x = a - b$
Перекося осей (или прямых)	Отклонение от параллельности Δ_y проекций осей (прямых) на плоскость, перпендикулярную к общей плоскости осей и проходящую через одну из осей (базовую)	 База общая плоскость
Отклонение от перпендикулярности плоскостей	Отклонение угла между плоскостями от прямого угла (90°), выраженное в линейных единицах Δ на длине нормируемого участка	 База
Отклонение от перпендикулярности плоскости или оси (или прямой) относительно оси (прямой)	Отклонение угла между плоскостью или осью (прямой) и базовой осью от прямого угла (90°), выраженное в линейных единицах Δ на длине нормируемого участка	 Базовая ось

Продолжение табл. 20

Наименование	Определение	Эскиз
Отклонение от перпендикулярности оси (или прямой) относительно плоскости	Отклонение угла между осью поверхности вращения (прямой) и базовой плоскостью от прямого угла (90°), выраженное в линейных единицах Δ на длине нормируемого участка	
Отклонение наклона плоскости относительно плоскости или оси (или прямой)	Отклонение угла между плоскостью и базовой плоскостью или базовой осью (прямой) от номинального угла, выраженное в линейных единицах Δ на длине нормируемого участка	
Отклонение наклона оси (или прямой) относительно оси (прямой) или плоскости	Отклонение угла между осью поверхности вращения (прямой) и базовой осью или базовой плоскостью от номинального угла, выраженное в линейных единицах Δ на длине нормируемого участка	
Отклонение от соосности относительно оси базовой поверхности	Наибольшее расстояние Δ между осью рассматриваемой поверхности вращения и осью базовой поверхности на длине нормируемого участка	
Отклонение от соосности относительно общей оси	Наибольшее расстояние ($\Delta_1, \Delta_2, \dots$) между осью рассматриваемой поверхности вращения и общей осью двух или нескольких поверхностей вращения на длине нормируемого участка	

Наименование	Определение	Эскиз
Отклонение от симметричности относительно базового элемента	Наибольшее расстояние Δ между плоскостью симметрии (осью) рассматриваемого элемента (или элементов) и плоскостью симметрии базового элемента в пределах нормируемого участка	
Отклонение от симметричности относительно общей плоскости симметрии	Наибольшее расстояние Δ между плоскостью симметрии (осью) рассматриваемого элемента (элементов) и общей плоскостью симметрии двух или нескольких элементов в пределах нормируемого участка	
Позиционное отклонение	Наибольшее расстояние Δ между реальным расположением элемента (его центра, оси, или плоскости симметрии) и его номинальным расположением в пределах нормируемого участка	
Отклонение от пересечения осей	Наименьшее расстояние Δ между осями, пересекающимися номинально	

Допуск расположения — предел, ограничивающий допускаемое значение отклонения расположения.

Поле допуска расположения — область в пространстве или заданной плоскости, внутри которой должен находиться прилегающий элемент или ось, центр, плоскость симметрии в пределах нормируемого участка. Ширина или диаметр поля допуска определяется значением допуска, а расположение относительно баз определяется номинальным расположением рассматриваемого элемента.

Выступающее поле допуска расположения (рис. 9) — поле допуска или часть его, ограничивающие отклонения расположения рассматриваемого элемента за пределами протяженности этого элемента (нормируемый участок выступает за пределы длины элемента).

Зависимый допуск расположения или формы — переменный допуск расположения или формы, минимальное значение которого указывают на чертеже или технических требованиях и которое до-

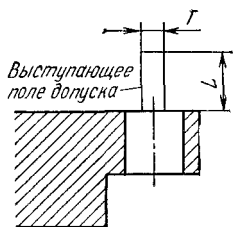


Рис. 9. Выступающее поле допуска расположения:

T — допуск расположения; L — длина нормируемого участка (заданная длина)

пускается превышать на величину, соответствующую отклонению действительного размера прилегающего рассматриваемого и (или) базового элемента данной детали от проходного предела (наибольшего предельного размера вала или наименьшего предельного размера отверстия).

Независимый допуск расположения или формы — допуск, числовое значение которого постоянно для всей совокупности деталей, изготавливаемых по данному чертежу, и не зависит от действительного размера рассматриваемого или базового элемента.

Под **суммарным отклонением формы и расположения** понимается отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонения формы и отклонения расположения рассматриваемой поверхности или рассматриваемого профиля относительно заданных баз. Основные виды суммарных отклонений формы и расположения приведены в табл. 21.

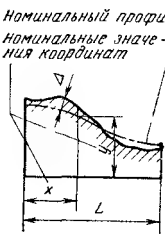
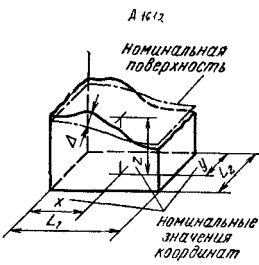
Суммарный допуск формы и расположения — предел, ограничивающий допускаемое значение суммарного отклонения формы и расположения.

Поле суммарного допуска формы и расположения — область в пространстве или на заданной поверхности, внутри которой должны находиться все точки реальной поверхности (профиля) в пределах нормируемого участка.

21. Основные виды суммарных отклонений формы и расположения

Наименование	Определение	Эскиз
Радиальное биение	Разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси	
Торцовое биение	Разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси. Торцовое биение определяется в сечении торцевой поверхности цилиндром заданного диаметра, соосным с базовой осью, а если диаметр не задан, то в сечении любого (в том числе и наибольшего) диаметра торцевой поверхности	
Биение в заданном направлении	Разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения в сечении рассматриваемой поверхности конусом, ось которого совпадает с базовой осью, а образующая имеет заданное направление, до вершины этого конуса	
Полное радиальное биение	Разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний от всех точек реальной поверхности в пределах нормируемого участка до базовой оси	$\Delta = R_{max} - R_{min}$
Полное торцовое биение	Разность Δ наибольшего и наименьшего расстояний от точек всей торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси	

Продолжение табл. 21

Наименование	Определение	Эскиз
Отклонение формы заданного профиля	Наибольшее отклонение Δ точек реального профиля от номинального профиля, определяемое по нормали к номинальному профилю в пределах нормируемого участка	 Номинальный профиль номинальные значения координат
Отклонение формы заданной поверхности	Наибольшее отклонение Δ точек реальной поверхности от номинальной поверхности, определяемое по нормали к номинальной поверхности в пределах нормируемого участка	 Δ_{K12} Номинальная поверхность номинальные значения координат
Примечание. Кроме указанных видов суммарных отклонений в обоснованных случаях могут нормироваться и другие суммарные отклонения формы и расположения поверхностей (профилей), например: 1) суммарное отклонение от параллельности и плоскостности; 2) суммарное отклонение от перпендикулярности и плоскостности; 3) суммарное отклонение от номинального наклона и плоскостности		

Правила указания допусков формы и расположения геометрических элементов на чертежах устанавливает ГОСТ 2.308—79 (СТ СЭВ 368—76). Условные обозначения допусков формы и расположения геометрических элементов приведены в табл. 22. Соответствующий знак и величину допуска вписывают в рамку допуска, разделенную на две или три части. В первой части рамки (слева) приводят знак допуска согласно табл. 22, во второй — числовое значение допуска в миллиметрах, в третьей и последующих — буквенное обозначение базы (баз), если это необходимо.

22. Знаки условного обозначения допусков по СТ СЭВ 368—76

Допуск	Знак	Допуск	Знак
Прямолнейности		Соосности	
Плоскостности		Симметричности	
Круглости		Позиционный	
Цилиндричности		Пересечение осей	
Профиля продольного сечения		Биецния радиального, торцового или в заданном направлении	
Параллельности		Биецния полного радиального или торцового	
Перпендикулярности		Формы заданного профиля	
Наклона		Формы заданной поверхности	

Примечание. Суммарные допуски формы и расположения, для которых не установлены отдельные графические знаки, обозначают знаками составных допусков и располагают на первой части рамки в такой последовательности: знак допуска расположения; знак допуска формы.

Перед числовым значением допуска вписывают: а) символ $\varnothing$, если круговое или цилиндрическое поле допуска указывают в диаметральном выражении, например $\varnothing 0,2$; б) символ R , если круговое или цилиндрическое поле допуска указывают в радиусном выражении, например, $R 0,1$; в) символ T , если допуски симметричности, пересечения осей, формы заданного профиля и заданной поверхности, а также позиционный допуск указывают в диаметральном выражении, например $T0,2$; г) символ $T/2$ для тех же видов допусков, как и для T , если их указывают в радиусном выражении, например $T/2 0,1$; д) слово «сфера», если поле допуска сферическое, например сфера $\varnothing 0,1$.

Числовое значение допуска формы и расположения, указанное в рамке, относится ко всей длине поверхности. Если допуск относится к ограниченному участку длины или поверхности в любом месте, то размеры нормируемого участка в миллиметрах указывают после числового значения допуска через разделительную наклонную линию (рис. 10, а, б). Допуск по всему элементу и одновременно допуск на определенном нормируемом участке указывают в объединенной рамке допуска (рис. 10, в).

Выступающее поле допуска расположения указывают после числового значения допуска символом **(P)** (рис. 11). Зависимые допуски расположения и формы обозначают условным знаком **(M)**, варианты размещения которого показаны на рис. 12. Когда допуск расположения или формы не указан как зависимый, то его считают независимым. Допускается использование ранее выпущенной документации, в которой независимый допуск обозначен условным знаком **(S)**.

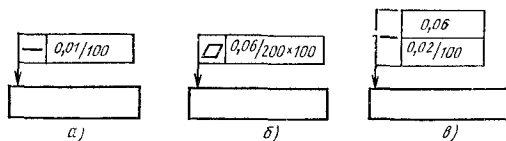


Рис. 10. Указание допусков формы

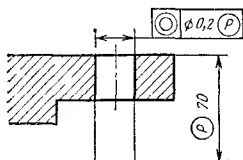


Рис. 11. Указание выступающего поля допуска расположения

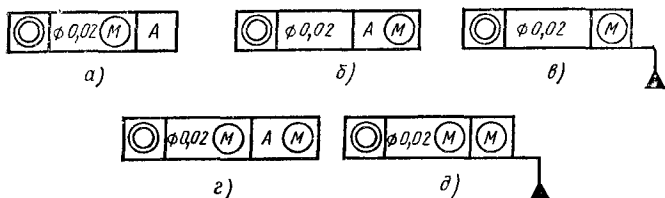


Рис. 12. Указание зависимых допусков:

a — зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого элемента; *б, в* — зависимый допуск связан с действительными размерами базового элемента; *г, д* — зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого и базового элемента

Линейные и угловые размеры, которые определяют номинальное расположение или номинальную форму элементов, ограничиваемых допуском, пазначая позиционный допуск, допуск наклона, допуск формы заданной поверхности или заданного профиля по СТ СЭВ 368—76, указывают на чертежах без предельных отклонений и заключают в прямоугольные рамки,

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

Шероховатость поверхности — это совокупность неровностей с относительно малыми шагами, образующих рельеф поверхности детали и рассматриваемых в пределах базовой длины l . Базовая длина — длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности, и для количественного определения ее параметров.

Числовые значения шероховатости отсчитывают от базовой линии, за которую принята средняя линия профиля m , имеющая фор-

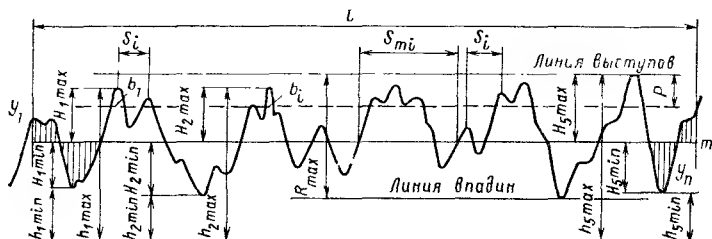


Рис. 13. Профиль шероховатости поверхности и его характеристики

му номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля до этой линии было минимально (рис. 13). Номенклатуру параметров (табл. 23), числовые значения параметров и базовых длин, а также типы направлений неровностей устанавливает ГОСТ 2789—73*.

23. Параметры шероховатости поверхности по ГОСТ 2789—73

Наименование параметра шероховатости	Условное обозначение	Определение
Среднее арифметическое отклонение профиля	R_a	Среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины: $R_a = \frac{1}{l} \int_0^l y(x) \, dx$ или приближенно $R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i $ где l — базовая длина

* Стандарт не распространяется на шероховатость ворсистых поверхностей, например, на шероховатость изделий из фетра, войлока, дерева и т. п.

Продолжение табл. 23

Наименование параметра шероховатости	Условное обозначение	Определение
Высота неровностей профиля по десяти точкам	R_z	Сумма средних арифметических абсолютных отклонений точек пяти наибольших минимумов и пяти наибольших максимумов профиля в пределах базовой длины: $R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 H_{i\max} + \sum_{i=1}^5 H_{i\min} \right)$ Для средней линии, имеющей форму отрезка прямой (см. рис. 13) $R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 h_{i\max} - \sum_{i=1}^5 h_{i\min} \right)$
Наибольшая высота поверхностей профиля	$R_{\max}$	Расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины
Средний шаг неровностей профиля	S_m	Среднее арифметическое значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины
Средний шаг неровностей профиля по вершинам	S	Среднее арифметическое значение шага неровностей профиля по вершинам в пределах базовой длины
Относительная опорная длина профиля	t_p	Отношение опорной длины профиля к базовой длине $t_p = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_p$ где p — значение уровня сечения профиля

Требования к шероховатости поверхности устанавливают одним или несколькими параметрами, когда это необходимо для обеспечения эксплуатационных свойств поверхности.

В тех случаях, когда требования к шероховатости поверхности установлены по аналогии с ранее спроектированными изделиями, в которых нормирование производилось с помощью классов, для выбора числовых значений параметров Ra и Rz приведена табл. 24.

Обозначение шероховатости поверхности. Структура обозначения шероховатости поверхности по ГОСТ 2.309—73 приведена на рис. 14. При наличии в обозначении только значения параметра (параметров) применяют знак без полки. Типы знаков показаны на рис. 15. Значения параметров шероховатости в обозначении шероховатости указывают по следующим правилам:

Рис. 14. Структура обозначения шероховатости поверхности на чертежах

1. Значение параметра Ra указывают без символа, а остальных параметров — после соответствующего символа;

2. При указании диапазона значений параметра шероховатости поверхности приводят пределы значений параметра, размещая их в две строки, например:

1,00	Rz 0,080;	R max 0,80;	t_{50} 50
0,63	0,032	0,32	70.

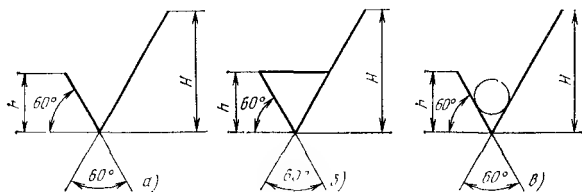


Рис. 15. Типы знаков для обозначения шероховатости поверхности:
 а — вид обработки не устанавливается; б — поверхность образована удалением слоя материала (точением, фрезерованием и т. п.); в — поверхность образована без удаления слоя материала (литьем, ковкой, штамповкой и т. п.); h — приблизительно равна высоте цифр размерных чисел; $H = (1,5 \div 3) h$

3. При указании номинального значения параметра шероховатости поверхности приводят его значения с предельными отклонениями по ГОСТ 2789—73, например $2,0 \pm 20\%$; $Rz50_{-10\%}$; $t_{50}70 \pm 40\%$; $Sm5,0_{+20\%}$ и т. п. 4. При указании более одного параметра шероховатости их значения записывают сверху вниз в следующем порядке: параметр высоты неровностей профиля, параметр шага неровностей профиля и относительная опорная длина профиля,

24. Значения параметров шероховатости Ra и Rz

Класс шероховатости	Базовая длина l , мм	Ra		Rz
		мкм		
1 2 3	8,0	50 25 12,5	80; 63; 40 40; 32; 20 20; 16,0; 10,0	320; 250; 200; 160 160; 125; 100; 80 80; 63; 50; 40
4 5	2,5	6,3 3,2	10,0; 8,0; 5,0 5,0; 4,0; 2,5	40; 32; 25; 20 20; 16; 12,5; 10,0
6 7 8	0,8	1,6 0,80 0,40	2,5; 2,0; 1,25 1,25; 1,00; 0,63 0,63; 0,50; 0,32	10,0; 8,0; 6,3 6,3; 5,0; 4,0; 3,2 3,2; 2,5; 2,0; 1,60
9 10 11 12	0,25	0,20 0,10 0,050 0,025	0,32; 0,25; 0,160 0,160; 0,125; 0,080 0,080; 0,063; 0,040 0,040; 0,032; 0,020	1,60; 1,25; 1,00; 0,80 0,80; 0,63; 0,50; 0,40 0,40; 0,32; 0,25; 0,20 0,20; 0,16; 0,125; 0,100
13 14	0,08	0,012	0,020; 0,016; 0,010 0,010; 0,008	0,100; 0,080; 0,063; 0,050 0,050; 0,040; 0,032

Примечания: 1. В третьей графе приведены предпочтительные числовые значения параметра Ra . 2. Применение параметра Ra предпочтительно.

Когда шероховатость поверхности нормируют параметром Ra или Rz , определенным при значениях базовой длины, указанных в табл. 24, базовую длину в обозначении шероховатости не указывают. Вид обработки поверхности указывают только в тех случаях, когда он является единственным, применимым для получения требуемого качества поверхности. Условные обозначения направления неровностей приведены в табл. 25. Их приводят на чертеже только при необходимости.

25. Условные обозначения направления неровностей

Направление неровностей	Схематическое изображение неровностей	Условное обозначение на чертеже	Направление неровностей	Схематическое изображение неровностей	Условное обозначение на чертеже
Параллельное			Произвольное		
Перпендикулярное			Кругообразное		
Перекрещивающиеся			Радиальное		

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА

Измерительные средства, применяемые в машиностроении, делят на следующие основные группы: калибры, концевые и штриховые меры длины, универсальные средства, специальные средства и автоматические средства.

Калибры. Калибры — бесшкальные измерительные инструменты, предназначенные для контроля размеров, формы и взаимного расположения поверхностей изделий. Различают нормальные и предельные калибры. При контроле нормальными калибрами соответствие размера изделия (или других его геометрических параметров) размеру калибра оценивают по ощущению, по краске или на просвет. Их применяют в основном для контроля изделий сложной формы. Наибольшее распространение имеют предельные калибры, ограничивающие наименьший и наибольший предельные размеры контролируемого изделия.

Рабочие калибры предназначены для контроля деталей непосредственно в процессе изготовления, приемные калибры — для контроля изделий заказчиком, контрольные или контркалибры — для проверки рабочих и приемных калибров.

По конструктивным признакам калибры бывают жесткие (нерегулируемые), регулируемые, односторонние и двусторонние, скобы, пробки (полные и неполные), сферические нутромеры и др. [16, 20]. Допуски гладких калибров для размеров до 500 мм регламентирует стандарт СЭВ 157—75, а исполнительные размеры — ГОСТ 21401—75.

Концевые и штриховые меры длины. С помощью концевых мер длины воспроизводят единицы длины, проверяют и градуируют измерительные инструменты и приборы, проверяют калибры и контркалибры, настраивают оборудование, а также выполняют точные измерения, разметочные работы и т. д.

Концевые меры (ГОСТ 13581—68) комплектуют в наборы (8 наборов) от 4 до 112 шт. Наборы № 7 и № 8 являются наборами защитных мер (применяют в качестве крайних мер в блоках).

С помощью притирки из одного набора мер составляют блоки с различными комбинациями размеров (в одном блоке не следует применять более четырех-пяти мер).

Измерительные линейки (ГОСТ 427—75) изготавливают с одной или двумя шкалами с верхними пределами измерений 150, 300, 500 и 1000 мм и ценой деления 0,5 или 1 мм.

Рулетки (ГОСТ 7502—69) бывают трех типов: 1) РЗ (в закрытом корпусе) с длиной шкалы 2, 5, 10, 20, 30 и 50 м и ценой деления 1 или 10 мм; 2) РС (самосвертывающиеся); 3) РЖ (желобчатые) с длиной шкалы 1 и 2 м и ценой деления 1 мм. Рулетки изготавливают трех классов точности: первого (РЗ с длиной шкалы 10 и 20 м), второго (РЗ с длиной шкалы 2, 5, 10, 20, 30 и 50 м) и третьего (рулетки всех типов). Рулетки 1 и 2-го классов точности имеют миллиметровые деления на всей длине шкалы.

Универсальные средства измерений. К *штангенинструментам* относят измерительные инструменты с линейным нониусом. Изготавливают следующие *штангенинструменты*: *штангенциркули* (ГОСТ 166—73) с диапазонами измерений 0—125; 0—160; 0—250; 0—400; 250—630; 320—1000; 500—1600; 800—2000 мм; *штангенглубиномеры*

(ГОСТ 162—73) с диапазонами измерений 0—160; 0—250 и 0—400 мм; штангенрейсмасы (ГОСТ 164—73) с диапазонами измерений 0—250; 40—400; 60—630; 100—1000; 600—1600; 1500—2500 мм.

Цена деления нониуса штангенинструментов 0,05 и 0,1 мм. Погрешность показаний нормируют в пределах величины отсчета. Для инструментов с большим диапазоном измерений погрешность измерения превышает величину отсчета по нониусу.

К микрометрическим инструментам относят микрометры, глубиномеры микрометрические и нутромеры микрометрические. Микрометры с ценой деления 0,01 мм по ГОСТ 6507—78 (СТ СЭВ 344—76—СТ СЭВ 352—76) изготавливают следующих типов: 1) МК — гладкие для измерения наружных размеров изделий с диапазонами измерений 0—25, 25—50, 50—75, 125—150, 75—100, 100—125, 150—175, 175—200, 200—225, 225—250, 250—275, 275—300, 300—400, 400—500, 500—600 мм; 2) МЛ — листовые с циферблатом для измерения толщины листов и лент; диапазоны измерений 0—5, 0—10, 0—25 мм; 3) МТ — трубные для измерения толщины стенок труб с диапазонами измерений 0—25 мм; 4) МЗ — зубомерные для контроля длины общей нормали зубчатых колес с модулем от 1 мм; диапазоны измерений 0—25; 25—50, 50—75, 75—100 мм; 5) МП — микрометры для проволоки с диапазоном измерений 0—10 мм; 6) МГ — микрометрические головки с диапазоном измерений 0—25 мм.

Нутромеры микрометрические (ГОСТ 10—75) с индикаторной головкой, цена деления которой 0,01 мм, предназначены для измерения внутренних размеров от 50 до 600 мм; изготавливают их со следующими диапазонами измерений: 50—75, 75—175, 75—600, 150—1250, 600—2500, 1250—4000, 2500—6000 мм. Нутромеры с верхним пределом измерения свыше 2500 мм поставляют с микрометрической головкой, оснащенной индикатором часового типа 0-го класса.

К механическим измерительным относят перечисленные ниже приборы.

Зубчатые, рычажно-зубчатые и пружинные измерительные головки (табл. 26); используют для непосредственных измерений размеров при закреплении головок в специальных стойках и штативах (по ГОСТ 10197—70), а также в качестве отсчетных устройств в разнообразных приборах и приспособлениях.

26. Головки и индикаторы

Приборы	Тип	Цена деления	Диапазон показаний	Пределы допускаемой погрешности, мкм	
		мкм		в диапазоне всей шкалы	на участке*1
Индикаторы часовые, ГОСТ 577—68	ИЧ-2	10	0—2000	10 для 0-го класса 12 для 1-го класса	На любом участке в пределах $\pm 0,1$ мм: 4 для 0-го класса, 6 для 1-го класса,

Продолжение табл. 26

Приборы	Тип	Цена деления	Диапазон показаний	Пределы допускаемой погрешности, мкм	
		мкм		в диапазоне всей шкалы	на участке*1
Индикаторы часовые, ГОСТ 577—68	ИЧ-5	10	0—5000	12 для 0-го класса 16 для 1-го класса	На любом участке в пределах 1 мм: 8 для 0-го класса, 10 для 1-го класса. Погрешность обратного хода 2 для 0-го класса; 3 для 1-го класса
	ИЧ-10	10	0—10000	15 для 0-го класса 20 для 1-го класса	
	ИТ-2 (торцовые)	10	0—2000	10 для 0-го класса 12 для 1-го класса	
Индикаторы многооборотные, ГОСТ 9696—75	1 МИГ 2 МИГ	1 2	0—1000 0—2000	2,5 5	2 4
Рычажно-зубчатые измерительные головки, ГОСТ 18833—73	1 ИГ 2 ИГ	1 2	± 50 ± 100	$\pm 0,70$ $\pm 1,20$	На участке шкалы *1: $\pm 0,40$ $\pm 0,80$
Индикаторы рычажно-зубчатые, ГОСТ 5584—75	ИРБ ИРТ	10	± 40	10	5
Головки измерительные пружинные-микрометры, ГОСТ 6933—72	01 ИГП *2	0,1	$\pm 4,0$	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$
	02 ИГП *2	0,2	$\pm 6,0$	$\pm 0,20$	$\pm 0,15$
	05 ИГП *2	0,5	± 15	$\pm 0,40$	$\pm 0,25$
	1 ИГП *2	1,0	± 30	$\pm 0,60$	$\pm 0,40$
	2 ИГП	2,0	± 60	$\pm 1,2$	$\pm 0,80$
	5 ИГП	5,0	± 150	$\pm 3,0$	$\pm 2,0$
Измерительные головки пружинно-оптические, опикаторы, ГОСТ 10593—74	10 ИГП	10,0	± 300	$\pm 5,0$	$\pm 3,0$
	01 П	0,1	± 12	$\pm 0,1$	$\pm 0,05$
	02 П	0,2	± 25	$\pm 0,2$	$\pm 0,10$
	05 П	0,5	± 50	$\pm 0,4$	$\pm 0,20$
Измерительные головки рычажно-пружинные. Миниаторы, ГОСТ 14711—69	1 П	1,0	± 125	$\pm 0,8$	$\pm 0,40$
	ИРП: с коротким накопичником с длинным накопичником	1 2	± 40 ± 80	1 2	0,5 1,0
*1 Под погрешностью на участке понимается: для пружинных и рычажно-зубчатых головок — погрешность в пределах ± 30 делений шкалы; для опикаторов — в пределах 100 делений; для индикаторов МИГ — в пределах одного оборота; для рычажно-зубчатых индикаторов — в диапазоне 0,1 мм; для рычажно-пружинной головки — в пределах 20 делений.					
*2 Изготавливают также ИГПУ с малым измерительным усилием и ИГПР с регулируемым измерительным усилием.					

Скобы с отсчетным устройством (ГОСТ 11098—75), предназначены для измерения наружных размеров. Их изготавливают двух типов: СР — рычажные, со встроенным в корпус отсчетным устройством с ценой деления 0,002 мм и СИ — индикаторные, оснащенные измерительными головками с ценой деления 0,01 мм. СР — с диапа-

зоном измерений 0—25, 25—50, 50—75, 75—100, 100—125, 125—150 мм, погрешность измерения в пределах цены деления на всей шкале и половины деления на участке ± 10 делений. СИ — с диапазоном измерений 0—50; 50—100; 100—200; 200—300; 300—400; 400—500; 500—600; 600—700; 700—850; 850—1000 мм; погрешность измерения в пределах цены деления.

Рычажные микрометры (ГОСТ 4381—68); изготавливают трех типов: 1) МРЗ — микрометры рычажные зубомерные со встроенным в корпус отсчетным устройством; применяют для измерения длины общей нормали зубчатых колес; диапазон измерений 0—20 и 20—45 мм; цена деления отсчетного устройства не более 0,002 мм; 2) МР — микрометры рычажные со встроенным в корпус отсчетным устройством; применяют для измерения наружных размеров; диапазон измерений 0—25 и 25—50 мм, цена деления отсчетного устройства не более 0,002 мм; 3) МРИ — микрометры рычажные, оснащенные измерительными головками; применяют для измерения наружных размеров от 50 до 2000 мм; цена деления отсчетного устройства 0,002 и 0,01 мм.

Микрометры настольные со стрелочным отсчетным устройством типа МН-1 и МН-2 (ГОСТ 10388—73); диапазон измерения 0—10 мм; цена деления шкалы барабана 0,01 мм; цена деления отсчетного устройства 0,001 мм.

Глубиномеры индикаторные (ГОСТ 7661—67); диапазон измерения от 0 до 100 мм обеспечивается набором сменных измерительных стержней; цена деления отсчетного устройства 0,01 мм; применяют для измерения глубины пазов, отверстий, высоты уступов и т. п.

Нутромеры индикаторные; применяют для измерения диаметров отверстий; по ГОСТ 9244—75 выпускают нутромеры с ценой деления 0,001 мм для измерения внутренних размеров от 2 до 10 мм и с ценой деления 0,002 мм для измерения размеров от 10 до 260 мм; по ГОСТ 868—72 выпускают индикаторные нутромеры с ценой деления 0,01 мм для измерения внутренних размеров от 6 до 1000 мм.

Толщиномеры индикаторные (ГОСТ 11358—74) с диапазоном измерения от 0 до 50 мм; оснащают отсчетным устройством с ценой деления 0,01 или 0,1 мкм; толщиномеры бывают настольные (ТН) и ручные (ТР) с нормированным измерительным усилием и без него.

Стенкомеры индикаторные (ГОСТ 11951—66) типов С-2, С-10А, С-10Б, С-25 и С-50 с диапазонами измерений 0—2; 0—10, 0—25 и 25—50 мм и с ценой деления отсчетного устройства 0,01 и 0,1 мм.

Опτικο-механические и оптические приборы. Приборы данной группы приведены в табл. 27.

Пневматические измерительные приборы имеют стабилизатор давления, отсчетное устройство и измерительную оснастку. В качестве измерительной оснастки используют пробки (ГОСТ 14864—78), кольца (ГОСТ 14865—69), малогабаритные пневматические контактные преобразователи производства завода «Калибр» и т. п. По принципу действия пневматические приборы бывают монотрические (ГОСТ 11198—75) и ротаметрические (ГОСТ 14866—76). Пневматические приборы используют для контроля и измерения методом сравнения размеров, отклонений формы и расположения поверхностей деталей.

27. Оптико-механические и оптические приборы

Прибор	Диапазон измерений прибора, мм	Цена деления, мм
Вертикальные оптиметры (ГОСТ 5405-75): ОВО-1 (ИКВ)	0—180 для наружных длин и диаметров	0,001
ОВЭ-1 (ИКВ-3)	0—200 для наружных длин и диаметров	0,001
ОВЭ-0,2 (ИКП-3)	0—160 для наружных длин и диаметров	0,0002
Горизонтальные оптиметры (ГОСТ 5405-75): ОГО-1 (ИКГ-3), ОГЭ-1	0—500 для наружных длин и диаметров; 13,5—400 для внутренних длин; 13,5—150 для внутренних диаметров	0,001
Измерительные машины ИЗМ (ГОСТ 10875-76)	0—1000; 0—2000; 0—4000	0,001
Длиномеры оптиче- ские вертикальные ИЗВ-1, ИЗВ-2, ИЗВ-3 (ГОСТ 14028-68)	0—250 для наружных длин и диаметров	0,001
Длиномеры оптиче- ские горизонтальные (ГОСТ 14028-68)	0—500 для наружных длин и диаметров и 5—400 для внутренних длин и диаметров	0,001
Контактные интер- ферометры: вертикальные ИКПВ	Наибольшая длина измеряемых изделий 150 мм	0,00005—0,0002
горизонтальные ИКПГ	Наибольшая длина измеряемых изделий 500 мм; наибольший диаметр 225 мм	0,00005—0,0002
Инструментальные микроскопы (ГОСТ 8074-71): малый ММИ	По осям: X до 75 мм, Y до 25 мм. Углов от 0 до 360°	0,005
большой БМИ	По осям: X до 150 мм; Y до 50 мм. Углов от 0 до 360°	0,005
бинокулярные БИМ	По осям: X до 150 мм; Y до 75 мм. Углов от 0 до 360°	0,002
Универсальные микроскопы УИМ23 (УИМ-200Э) (ГОСТ 14968-69) УИМ21 (УИМ-500Э)	По осям: X до 200 мм; Y до 100 мм; углов от 0 до 360°	0,001
Проекторы большие БП	По осям: X до 500 мм; Y до 200 мм; углов от 0 до 360°	0,001
Проекторы часовые ЧП (ЧП-1, ЧП-2) Катетометры (ГОСТ 19719-74): КМ-6 КМ-8 КМ-9	По осям: X до 150 мм; Y до 50 мм; углов от 0 до 360°	0,05
	По осям: X до 40 мм; Y до 25 мм	0,01
	0—200 мм	0,01
	0—500 мм	0,01
	0—1000 мм	0,01

Угломер-
ной го-
ловки 1'
(для всех
типов)

Угломер-
ной го-
ловки 1'
(для всех
типов)

Поворот-
ного сто-
ла 3'

ВЫБОР ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Выбирая средства измерений, нужно стремиться, чтобы погрешность измерения была незначительной по сравнению с допуском измеряемого параметра изделия. В табл. 28 приведены допускаемые погрешности измерений в зависимости от допусков IT . Приведенные погрешности измерений включают в себя все составляющие, зависящие от измерительных средств, установочных мер, температурных деформаций, базирования и т. д.

28. Значения допускаемых погрешностей измерений (мкм) по СТ СЭВ 303—76 (в числителе значения IT , в знаменателе δ)

Ква- литеты	Номинальные размеры, мм												
	До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
2	$\frac{1,2}{0,4}$	$\frac{1,5}{0,6}$	$\frac{1,5}{0,6}$	$\frac{2}{0,8}$	$\frac{2,5}{1}$	$\frac{2,5}{1}$	$\frac{3}{1,2}$	$\frac{4}{1,6}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{7}{2,8}$	$\frac{8}{3}$	$\frac{9}{3}$	$\frac{10}{4}$
3	$\frac{2}{0,8}$	$\frac{2,5}{1}$	$\frac{2,5}{1}$	$\frac{3}{1,2}$	$\frac{4}{1,4}$	$\frac{4}{1,4}$	$\frac{5}{1,8}$	$\frac{6}{2}$	$\frac{8}{2,8}$	$\frac{10}{4}$	$\frac{12}{4}$	$\frac{13}{5}$	$\frac{15}{5}$
4	$\frac{3}{1,0}$	$\frac{4}{1,4}$	$\frac{4}{1,4}$	$\frac{5}{1,6}$	$\frac{6}{2}$	$\frac{7}{2,4}$	$\frac{8}{2,8}$	$\frac{10}{3}$	$\frac{12}{4}$	$\frac{14}{5}$	$\frac{16}{5}$	$\frac{18}{6}$	$\frac{20}{6}$
5	$\frac{4}{1,4}$	$\frac{5}{1,6}$	$\frac{6}{2}$	$\frac{8}{2,8}$	$\frac{9}{3}$	$\frac{11}{4}$	$\frac{13}{4}$	$\frac{15}{5}$	$\frac{18}{6}$	$\frac{20}{7}$	$\frac{23}{8}$	$\frac{25}{9}$	$\frac{27}{9}$
6	$\frac{6}{1,8}$	$\frac{8}{2}$	$\frac{9}{2}$	$\frac{11}{3}$	$\frac{13}{4}$	$\frac{16}{5}$	$\frac{19}{5}$	$\frac{22}{6}$	$\frac{25}{7}$	$\frac{29}{8}$	$\frac{32}{10}$	$\frac{36}{10}$	$\frac{40}{12}$
7	$\frac{10}{3}$	$\frac{12}{3}$	$\frac{15}{4}$	$\frac{18}{5}$	$\frac{21}{6}$	$\frac{25}{7}$	$\frac{30}{9}$	$\frac{35}{10}$	$\frac{40}{12}$	$\frac{46}{12}$	$\frac{52}{14}$	$\frac{57}{16}$	$\frac{63}{18}$
8	$\frac{14}{3}$	$\frac{18}{4}$	$\frac{22}{5}$	$\frac{27}{7}$	$\frac{33}{8}$	$\frac{39}{10}$	$\frac{46}{12}$	$\frac{54}{12}$	$\frac{63}{16}$	$\frac{72}{18}$	$\frac{81}{20}$	$\frac{89}{24}$	$\frac{97}{26}$
9	$\frac{25}{6}$	$\frac{30}{8}$	$\frac{36}{9}$	$\frac{43}{10}$	$\frac{52}{12}$	$\frac{62}{16}$	$\frac{74}{18}$	$\frac{87}{20}$	$\frac{100}{30}$	$\frac{115}{30}$	$\frac{130}{30}$	$\frac{140}{40}$	$\frac{155}{40}$
10	$\frac{40}{8}$	$\frac{48}{10}$	$\frac{58}{12}$	$\frac{70}{14}$	$\frac{84}{18}$	$\frac{100}{20}$	$\frac{120}{30}$	$\frac{140}{30}$	$\frac{160}{40}$	$\frac{185}{40}$	$\frac{210}{50}$	$\frac{230}{50}$	$\frac{250}{50}$
11	$\frac{60}{12}$	$\frac{75}{16}$	$\frac{90}{18}$	$\frac{110}{30}$	$\frac{130}{30}$	$\frac{160}{40}$	$\frac{190}{40}$	$\frac{220}{50}$	$\frac{250}{50}$	$\frac{290}{60}$	$\frac{320}{70}$	$\frac{360}{80}$	$\frac{400}{80}$
12	$\frac{100}{20}$	$\frac{120}{30}$	$\frac{150}{30}$	$\frac{180}{40}$	$\frac{210}{50}$	$\frac{250}{50}$	$\frac{300}{60}$	$\frac{350}{70}$	$\frac{400}{80}$	$\frac{460}{100}$	$\frac{520}{120}$	$\frac{570}{120}$	$\frac{630}{140}$

Продолжение табл. 28

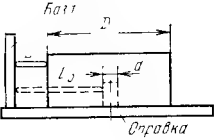
Ква- литеты	Номинальные размеры, мм												
	До	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
13	$\frac{140}{30}$	$\frac{180}{40}$	$\frac{220}{50}$	$\frac{270}{60}$	$\frac{330}{70}$	$\frac{390}{80}$	$\frac{460}{100}$	$\frac{540}{120}$	$\frac{630}{140}$	$\frac{720}{160}$	$\frac{810}{180}$	$\frac{890}{180}$	$\frac{970}{200}$
14	$\frac{250}{50}$	$\frac{300}{60}$	$\frac{360}{80}$	$\frac{430}{90}$	$\frac{520}{120}$	$\frac{620}{140}$	$\frac{740}{160}$	$\frac{870}{180}$	$\frac{1000}{200}$	$\frac{1150}{240}$	$\frac{1300}{260}$	$\frac{1400}{280}$	$\frac{1550}{320}$
15	$\frac{400}{80}$	$\frac{480}{100}$	$\frac{580}{120}$	$\frac{700}{140}$	$\frac{840}{180}$	$\frac{1000}{200}$	$\frac{1200}{240}$	$\frac{1400}{280}$	$\frac{1600}{320}$	$\frac{1850}{380}$	$\frac{2100}{440}$	$\frac{2300}{460}$	$\frac{2500}{500}$
16	$\frac{600}{120}$	$\frac{750}{160}$	$\frac{900}{200}$	$\frac{1100}{240}$	$\frac{1300}{280}$	$\frac{1600}{320}$	$\frac{1900}{400}$	$\frac{2200}{440}$	$\frac{2500}{500}$	$\frac{2900}{600}$	$\frac{3200}{700}$	$\frac{3600}{800}$	$\frac{4000}{800}$
17	$\frac{1000}{200}$	$\frac{1200}{240}$	$\frac{1500}{300}$	$\frac{1800}{380}$	$\frac{2100}{440}$	$\frac{2500}{500}$	$\frac{3000}{600}$	$\frac{3500}{700}$	$\frac{4000}{800}$	$\frac{4600}{1000}$	$\frac{5200}{1100}$	$\frac{5700}{1200}$	$\frac{6300}{1400}$

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

Измерение больших длин и диаметров. Прямые измерения больших длин и диаметров осуществляют с помощью микрометров, скоб, штангенциркулей, масштабных линеек, рулеток, нутромеров различных типов и конструкций [5,20].

Косвенные методы измерения приведены в табл. 29.

29. Методы измерения больших диаметров и длин

Схема измерения	Краткое описание
Метод опоясывания Диаметр детали определяют по результатам измерения длины окружности с помощью рулетки или металлической ленты. Диаметр $D = \frac{L}{\pi}$, где L — длина окружности	
Метод измерения от дополнительных баз	
	Измерение осуществляют с помощью специальных упоров, колонок, частей станков, поверхностей измеряемой детали. Наружный диаметр $D = 2 \left(L_0 - L + \frac{d}{2} \right)$

Продолжение табл. 29

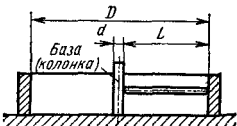
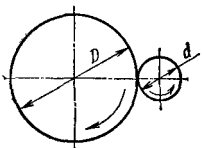
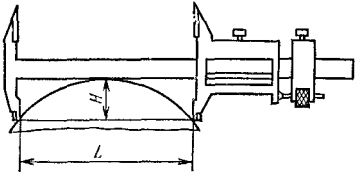
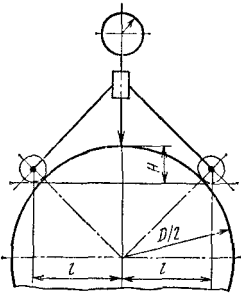
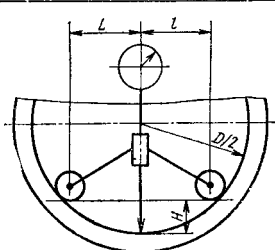
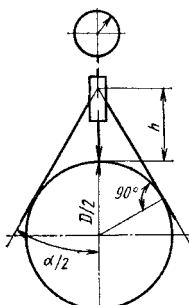
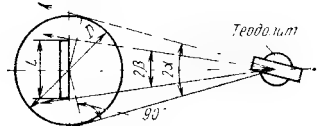
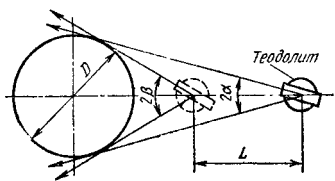
Схема измерения	Краткое описание
	Внутренний диаметр $D = 2L + d$
Метод измерения с помощью вращающегося ролика 	Диаметр $D = \frac{m}{n} d, \text{ где } m \text{ и } n - \text{частота вращения ролика и детали}$
Метод измерения диаметра по хорде и высоте сегмента 	При измерении с помощью штангенциркуля диаметр $D = \frac{L^2}{4H} + H$
	При измерении наружных и внутренних диаметров седлообразным прибором с роликами отклонение от номинала $\Delta D = - \left(\frac{l^2}{H^2} - 1 \right) \Delta H$

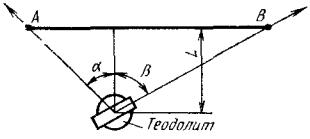
Схема измерения	Краткое описание
	Знак минус показывает, что при увеличении высоты сегмента диаметр уменьшается. Установку прибора на нуль производят на плите с помощью плоскопараллельных мер длины. Цена деления прибора $a = \left(\frac{l^2}{H^2} - 1 \right) a',$ где a' — цена деления микрометра

	При измерении седлообразным прибором с клиновыми вставками отклонение ΔD от номинала $\Delta D = \frac{2 \sin \alpha/2}{1 - \sin \alpha/2} \Delta h,$ где Δh — измеряемое приращение размера h. Установку на нуль производят по шаблонам, аттестованной детали или на специальном приспособлении
---	--

Геодезические методы измерения

	Теодолитом, установленным в фиксированной точке, измеряют углы 2α и 2β. Диаметр детали $D = \frac{L \sin \alpha}{\tan \beta},$ где L — размер образца
	Теодолит устанавливают сначала в одной точке, а затем в другой на расстоянии L и измеряют углы 2α и 2β. Диаметр детали $D = 2L \frac{\sin \alpha \sin \beta}{\sin \beta - \sin \alpha}$

Продолжение табл. 29

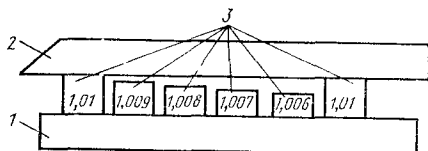
Схема измерения	Краткое описание
	Длина измеряемой детали $AB = L (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta)$

Измерение цилиндрических деталей малых размеров. Для измерения малых наружных размеров цилиндрических деталей применяют предельные калибры и универсальные измерительные средства: механические, оптические, пневматические и др. Для деталей малой жесткости используют контактные измерительные средства с малыми усилиями измерения (до $1 \pm 0,25H$), а также бесконтактные измерительные средства [5].

Для измерения диаметров отверстий малых размеров (до 3 мм) применяют аттестованные проволочки диаметром 0,5—3 мм; пневматические приборы, оптические нутромеры для диаметров отверстий от 2 мм, нутромеры с конической иглой, контактно-оптический микроскоп для отверстий диаметром 0,05—2 мм. Для отверстий диаметром до 1 мм в основном применяют измерительные микроскопы, перфолектометры и проекторы.

Измерение отклонений формы и расположения поверхностей. Измерение отклонений от прямолинейности и плоскостности. Для измерения отклонений от прямолинейности и плоскостности применяют следующие методы: 1) механические (измерение с помощью поверочных линеек, плит, натянутой струны, карусельным плоскомером); 2) гидростатические (измерение методом свободно налитой жидкости, сообщающихся сосудов и с помощью уровня); 3) оптико-механические (автоколлимационные и коллимационные методы, метод визирирования); 4) оптические (измерение плоскими стеклянными пластинами и интерферометрами).

Рис. 16. «Образец просвета»: 1 — стеклянная плоская пластинка; 2 — лекальная линейка; 3 — концевые меры длины



Измерение с помощью поверочных линеек и плит. Измерения отклонений от прямолинейности поверочными линейками (ГОСТ 8026—75) типов ЛД, ЛТ и ЛЧ производят «на просвет», а линейками типов ШП, ШД и ШМ — методом линейных отклонений. При проверке «на просвет» лекальную линейку рабочим ребром помещают на проверяемую поверхность и на глаз оценивают просвет между ними. Для более точной оценки используют «образец просвета» (рис. 16). Погрешность сличения «на просвет» 1—2 мкм

при просветах до 5 мкм и 2—3 мкм при просветах до 10 мкм. Для зазоров более 10 мкм этот метод не рекомендуется.

При проверке методом линейных отклонений линейку устанавливают на две одинаковые опоры, расположенные на проверяемой поверхности, и определяют расстояния между рабочей поверхностью поперочной линейки и контролируемой поверхностью с помощью щупов, концевых мер длины или специального прибора с измерительной головкой.

На рис. 17 приведена схема измерения отклонения от прямолинейности с помощью поперочной плиты (ГОСТ 10905—75) и измерительной головки. Проверяемую деталь 2 устанавливают так, чтобы две точки проверяемого отрезка находились на одинаковом рас-

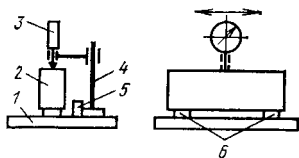


Рис. 17. Схема измерения отклонения от прямолинейности:

1 — поперочная плита; 2 — деталь; 3 — измерительная головка; 4 — штатив; 5 — направляющий упор; 6 — подкладка

стоянии от плоской поверхности поперочной плиты 1. Отклонение от прямолинейности определяют как разность между наибольшим и наименьшим показанием измерительной головки 3. Если нужно определить отклонение от прямолинейности линии пересечения двух плоскостей, то плоскость измерения должна проходить через биссектрису угла между обеими плоскостями (рис. 18).

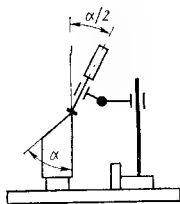
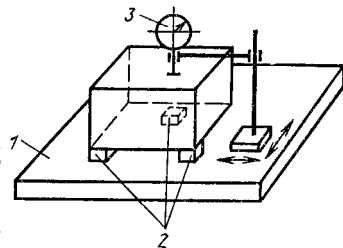


Рис. 18. Схема измерения отклонения от прямолинейности линии пересечения двух плоскостей

Рис. 19. Схема измерения отклонения от плоскостности:

1 — поперочная плита; 2 — подкладки; 3 — измерительная головка



На рис. 19 приведена схема измерения отклонения от плоскостности. Отклонение от плоскостности определяют как разность между наибольшим и наименьшим показанием измерительной головки при перемещении последней над всеми точками проверяемой поверхности. При измерении плоскостности с помощью поперочных линейек определяют отклонения от прямолинейности в отдельных сечениях поверхности.

Измерение отклонения от плоскостности методом «на краску» осуществляют поперочными линейками типов ШП, ШД, ШМ и УТ с широкой рабочей поверхностью и плитами. При этом линейку или плиту, покрытую тонким слоем краски (смесь берлинской лазури), перемещают без нажима по проверяемой поверхности, а качество поверхности оценивают равномерностью и числом пятен на

площади размером 25×25 мм в нескольких местах; погрешность измерения примерно 3—5 мкм. Непосредственное измерение отклонения от плоскостности возможно с помощью карусельного плоскомера [9, 15, 20].

Измерение с помощью уровня. Уровни применяют для измерения отклонений от прямолинейности и плоскостности поверхностей больших деталей шаговым методом. Сущность метода заключается в последовательном измерении смещения отдельных точек проверяемой поверхности относительно предыдущей точки. Уровень 2 (рис. 20), установленный на мостике 1, перемещают по проверяемой

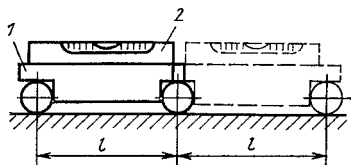
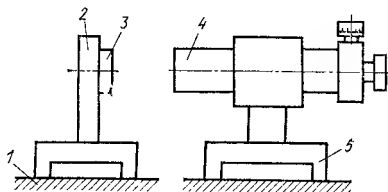


Рис. 20. Схема измерения отклонения от прямолинейности с помощью уровня: 1 — мостик; 2 — уровень; l — шаг измерения

поверхности так, чтобы задняя опора мостика каждый раз устанавливалась на место передней, и отсчитывают показания уровня. По показаниям уровня строят график отклонений точек проверяемой поверхности относительно горизонтальной плоскости, проходящей через нулевую точку, и определяют отклонения от прямой, соединяющей концы кривой профиля. Методика обработки результатов измерений приведена в [15]. Отклонение от плоскостности с помощью уровня измеряют путем определения отклонений от прямолинейности в отдельных сечениях с определенным шагом.

Измерения автоколлимационным и коллимационным методами относятся к шаговым методам измерения. При измерении автоколлимационным методом на проверяемую поверхность 1 (рис. 21)

Рис. 21. Схема автоколлимационного метода измерения



устанавливают плоское зеркало 3, закрепленное на подставке 2, с двумя опорами, расстояние между которыми соответствует выбранному шагу измерения. Автоколлиматор 4, закрепленный на подставке 5, помещают на массивную опору рядом с проверяемой поверхностью. Зеркало должно быть расположено так, чтобы оптическая ось автоколлиматора была перпендикулярна зеркалу и изображение марки автоколлиматора занимало осевое положение в поле зрения окуляра. При последовательном перемещении подставки с зеркалом на шаг измерения по исследуемой поверхности отклонения от прямолинейности (плоскостности) вызывают наклоны зеркала относительно оптической оси автоколлиматора. Отсчет углов наклонов производят с помощью окулярного микроскопа или окулярной сетки автоколлиматора.

При измерении коллимационным методом применяют зрительную трубу и коллиматор, перемещаемый по исследуемой поверхности. В этом случае измеряют углы наклона, образованные оптическими осями коллиматора и зрительной трубы.

При измерении методом визирования (рис. 22) оптическую ось зрительной трубы 3 устанавливают параллельно прямой, проходящей через крайние точки контролируемой поверхности 1. Визирную марку 2 помещают последовательно во все проверяемые точки и производят отсчеты x_i по оптическому микрометру зрительной трубы. Для измерения прямолинейности приведенным методом наиболее широкое применение находят измерительные трубы ППС-11, оптическая струна ДП-477, оптические линейки ИС-36, ИС-43 [9, 15, 17, 20].

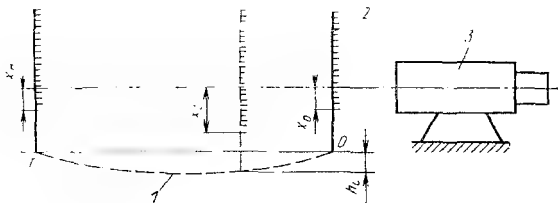


Рис. 22. Схема измерения методом визирования $x_n = x_0$;
 $h_i = x_i - x_0$

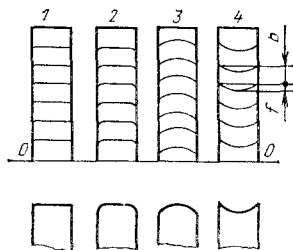
Использование автоколлиматоров и зрительных труб для измерения отклонений от плоскостности поверхностей требует больших затрат времени. Поэтому более эффективным является использование оптических плоскомеров, которые позволяют непосредственно определить отклонение от плоскостности; методику измерения см. [9, 15, 20].

Измерение отклонения от плоскостности с помощью плоских стеклянных пластин ПИ-60, ПИ-80, ПИ-100, ПИ-120 (ГОСТ 2923—75) осуществляют для точного контроля малых доведенных поверхностей (до 120 мм), отклонение от плоскостности которых не превышает 1,5 мкм. При наложении пластинки с небольшим наклоном на проверяемую поверхность появляются интерференционные полосы, по характеру и величине искривления которых судят о величине отклонения от плоскостности (рис. 23). Величина отклонения от плоскостности $H = \frac{f}{b} \cdot \frac{\lambda}{2}$, где f — стрела прогиба полосы; b — ширина полосы; λ — длина волны; при измерении в белом свете $\frac{\lambda}{2} = 0,3$ мкм.

Измерение отклонений формы цилиндрических поверхностей. *Измерение отклонения от цилиндричности.* При отсутствии огранки с нечетным числом граней и изогнутости отклонение от цилиндричности приближенно может быть определено как полуразность между наибольшим и наименьшим диаметром поверхности, измеренным двухконтактными приборами в различных сечениях и направлениях. Когда деталь имеет огранку с не-

Рис. 23. Интерференционные картины:

1 — правильная поверхность; 2 — по краям имеются завалы; 3 — выпуклая поверхность; 4 — вогнутая поверхность



четным числом граней или изогнутость, то для косвенного определения отклонения от цилиндричности эти диаметры измеряют отдельно и суммируют с полуразностью наибольшего и наименьшего диаметров.

Измерение отклонения от круглости. Наиболее полно отклонение от круглости может быть измерено путем сличения профиля контролируемой детали в поперечном сечении с эталонной окружностью, воспроизводимой вращением прецизионного шпинделя или стола прибора, с проверяемой деталью вокруг базовой оси (рис. 24). Для этого используют специальные приборы-кругломеры [8, 14, 17]. При измерении деталь предварительно центрируют относительно оси вращения, а увеличенные перемещения наконечника

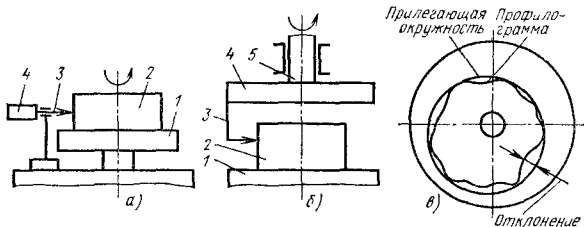


Рис. 24. Схемы измерения отклонения от круглости на кругломерах;

а — с вращающимся столом; б — с вращающимся шпинделем; в — профилограмма; 1 — стол; 2 — проверяемая деталь; 3 — наконечник преобразователя; 4 — преобразователь; 5 — шпиндель

преобразователя записывают в полярной системе координат на бумажном диске (круглограмме). Для оценки отклонения от круглости используют прозрачный шаблон с концентричными окружностями, укладываемый на круглограмму.

На рис. 25 показана схема измерения отклонения от круглости в кольце. При этом внутренний диаметр кольца 2 должен быть равен диаметру прилегающей окружности. При измерении вращают кольцо или деталь 1 и определяют наибольшее отклонение стрелки измерительной головки 3. Овальность и четную огранку измеряют двухконтактными измерительными приборами. При этом овальность и огранку с четным числом граней определяют как полуразность между наибольшим и наименьшим диаметром сечения (см. табл. 19), измеренным в трех направлениях через 60° .

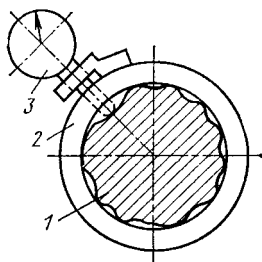


Рис. 25. Схема измерения отклонения от круглости в кольце

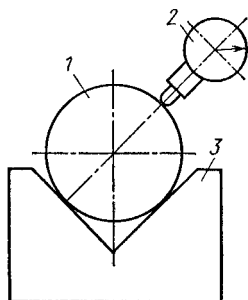


Рис. 26. Схема измерения овальности:
1 — проверяемая деталь; 2 — измерительная головка; 3 — призма

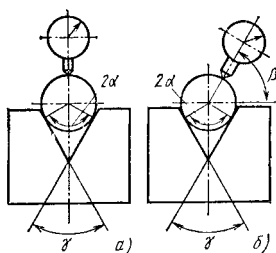


Рис. 27. Схемы измерения оградки с нечетным числом граней:
а — симметричное устройство;
б — несимметричное устройство

На рис. 26 показана схема измерения овальности на призме с помощью измерительной головки; измеряют в направлении, перпендикулярной одной из граней призмы. Овальность равна полуразности между наибольшим и наименьшим показанием прибора.

Огранку с нечетным числом граней часто определяют трехконтантным методом. Для этого используют устройство, состоящее из V-образной призмы и измерительной головки (рис. 27). Величина оградки $\Delta = sk - l$, где s — наибольшая разность в показаниях измерительной головки; k — коэффициент воспроизведения оградки, который зависит от числа граней

в сечении и углов (α и β), характеризующих взаимное расположение наконечников трехконтантного устройства (табл. 30).

Из несимметричных трехконтантных устройств наибольшей универсальностью обладают схемы со следующими параметрами: $\gamma =$

30. Значения коэффициента k для симметричных трехконтантных устройств (рис. 27, а)

Число граней n	Угол призмы γ°	Коэффициент k	Число граней n	Угол призмы γ°	Коэффициент k
2; 5; 9	130	$\sim 1,7$	3; 5	90	2
5; 7	120	2	3; 9	60	3
3; 9		1	7; 9	45	2
2; 3; 7; 8	108	$\sim 1,4$			

$= 120^\circ$ и $\beta = 30^\circ$; $\gamma = 60^\circ$ и $\beta = 60^\circ$. Такие схемы для n , равного 3, 5, 7, 9, 15, 17, 19, 21, 27, 29, 31, 33 и т. д., имеют одинаковый $k = 2$. Огранку с числом граней по длине окружности более восьми-девяти относят к волнистости поверхности цилиндрических деталей.

Измерение отклонения профиля продольного сечения сводится к измерению отклонения от прямолинейности контролируемой детали. Для этого при одной установке де-

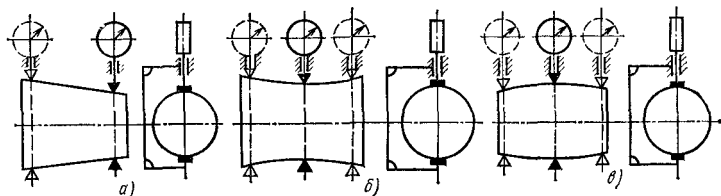
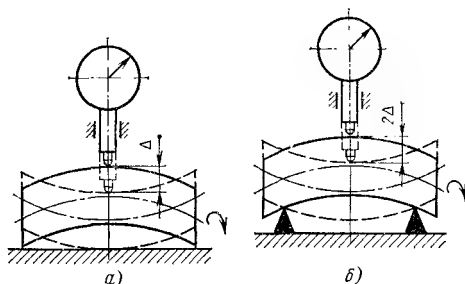


Рис. 28. Схемы измерения конусообразности (а), седлообразности (б) и бочкообразности (в)

тали записывают профилограммы обеих образующих, принадлежащих одному продольному сечению. На записанных профилограммах проводят прилегающий профиль (пару параллельных прямых) и от сторон последнего в перпендикулярном направлении определяют наибольшее отклонение точек профилограмм. Полученная величина с учетом масштаба увеличения характеризует отклонение профиля продольного сечения.

Рис. 29. Схемы измерения изогнутости:

а — на плите; б — на ножовых опорах



При отсутствии изогнутости отклонение профиля продольного сечения определяют как полуразность наибольшего и наименьшего диаметров сечения, измеренных двухконтактным прибором.

Конусообразность, бочкообразность и седлообразность измеряют двухконтактными приборами (рис. 28).

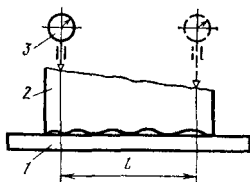
Изогнутость определяют измерением наибольшей стрелы прогиба в продольном сечении детали (рис. 29). При измерении по первой схеме (рис. 29, а) изогнутость равна размаху показаний измерительной головки, а при измерении по второй схеме (рис. 29, б) — половине размаха показаний.

Измерение расположения поверхностей. Методы измерения приведены в табл. 31.

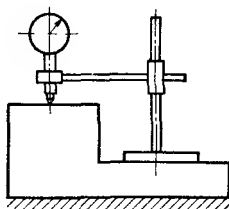
31. Методы измерения расположения поверхностей

Схема измерения и краткое описание

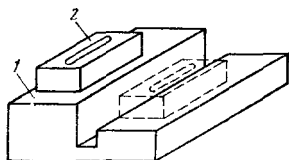
Измерение отклонения от параллельности плоскостей



Деталь 2 устанавливают базовой плоской поверхностью на поверочную плиту 1 и, перемещая измерительную головку 3 параллельно плоской поверхности поверочной плиты, определяют разность показаний измерительной головки в различных точках проверяемой поверхности на заданной площади или длине. Отклонение от плоскостности проверяемой поверхности в этом случае войдет в результат измерения как погрешность измерения

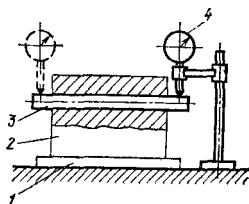


Перемещая штатив по одной из контролируемых плоскостей, а наконечник измерительной головки по другой, определяют разность отсчетов по прибору на заданной длине



Уровень 2 последовательно укладывают на контролируемые поверхности детали 1 и определяют разность показаний. При этом способе измерения контролируемые поверхности должны занимать примерно горизонтальное положение

Измерение отклонения от параллельности оси (отверстия, вала) и плоскости

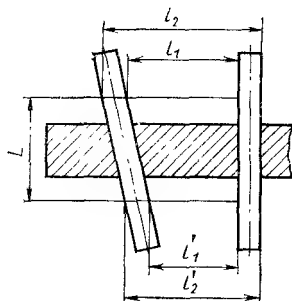


Деталь 2 устанавливают на поверочную плиту 1 так, чтобы проверяемая плоская поверхность была параллельна плоской поверхности плиты. Положение оси отверстия при измерении определяют по образующей оправки 3. Непараллельность равна разности показаний измерительной головки 4 в двух положениях

Продолжение табл. 31

Схема измерения и краткое описание

Измерение отклонения от параллельности осей отверстий и валов



Непараллельность определяют по результатам измерения размеров l_1 и l'_1 или l_2 и l'_2 на заданной длине L с помощью концевых мер длины, микрометра, штангенциркуля или другого прибора

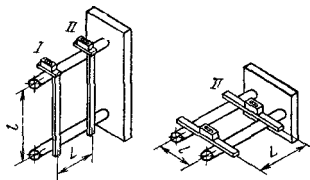
Измерение перекоса осей

Наиболее универсальным методом является измерение с помощью уровня. Величина перекоса на длине L

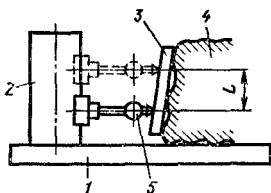
$$\Delta y = \frac{nc}{1000} L,$$

где n — разность показаний уровня в числах делений шкалы в положениях I и II; c — цена деления уровня, мм/м; L — расстояние между осями, мм

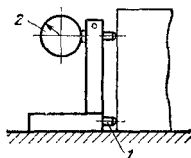
При расположении осей в вертикальной плоскости с помощью уровня можно измерить и их отклонение от параллельности



Измерение отклонения от перпендикулярности плоскостей

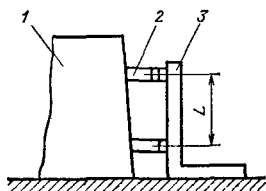


Деталь 4 устанавливают базовой поверхностью на поверочную плиту 1 и определяют на заданной длине L разность показаний измерительной головки 5, перемещающейся по колонке 2 перпендикулярно к плоскости плиты. С помощью плоскопараллельной пластины 3, накладываемой на проверяемую поверхность, исключают влияние погрешностей формы этой поверхности

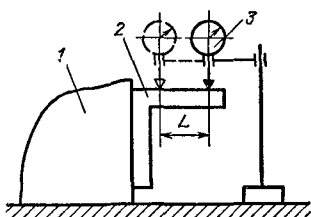


При измерении используют неподвижный упор 1 и производят один отсчет. Измерительную головку 2 настраивают на нуль по угольнику

Схема измерения и краткое описание

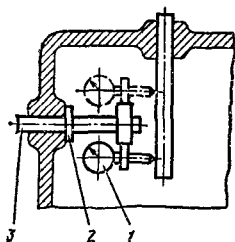


При измерении с помощью концевых мер длины или щупов 2 определяют в двух точках расстояние от грани угольника 3 до проверяемой поверхности детали 1. Разность расстояний это и есть отклонение от перпендикулярности на заданной длине L .



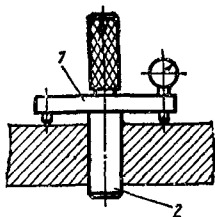
Отклонение от перпендикулярности на заданной длине определяют по параллельности свободной грани угольника 2, приложенного к проверяемой поверхности детали 1. Отклонение от перпендикулярности проверяемой поверхности детали на заданной длине L равно разности показаний измерительной головки 3.

Измерение отклонения от перпендикулярности осей



Оправку 3 с измерительной головкой 1 поворачивают на 180° . Ее положение в осевом направлении фиксируют упором 2. Отклонение от перпендикулярности на длине, равной двум вылетам измерительной головки, равно разности двух отсчетов.

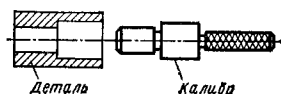
Измерение отклонения от перпендикулярности оси к плоскости



Если направление не указано, то измерительное устройство 1 поворачивают вокруг оси оправки 2 и при этом фиксируют наибольшее показание измерительной головки.

Схема измерения и краткое описание

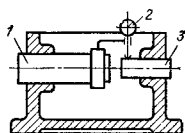
Измерение отклонения от соосности



При зависимых допусках отклонения от соосности целесообразно контролировать комплексными калибрами.

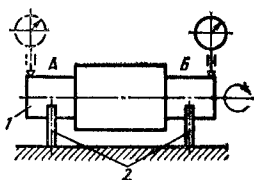
Действительное отклонение от соосности определяют путем измерения радиального биения

Измерение отклонения от соосности относительно оси базовой поверхности



Измерение производят с помощью двух точных оправок 1 и 3 и измерительной головки 2. Отклонение от соосности равно половине разности отсчетов по шкале измерительной головки за один оборот измерительного устройства

Измерение отклонения от соосности относительно общей оси двух поверхностей

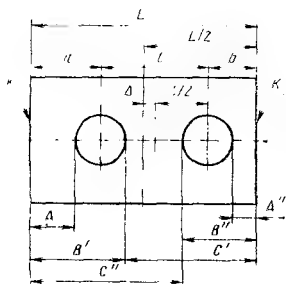


Несоосность поверхностей А и В относительно их общей оси определяют при вращении детали 1 на двух ножевых опорах 2, находящихся в средних сечениях поверхностей А и В. Несоосность для каждой проверяемой поверхности равна половине радиального биения в крайних сечениях

Схема измерения и краткое описание

Измерение отклонения от симметричности

При зависимых допусках симметричность целесообразно контролировать комплексными калибрами. Аналогичными калибрами для контроля отклонения от соосности. Действительное отклонение от симметричности определяют с помощью универсальных средств измерения и специальных измерительных приспособлений

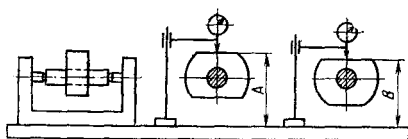


Отклонение от симметричности двух отверстий относительно плоскостей К

$$\Delta = \frac{a - b}{2} = \frac{(A' + B') - (A'' + B'')}{4}$$

$$\text{или} \quad \Delta = \frac{a - b}{2} = \frac{(A' + C') - (A'' + C'')}{4}$$

Величины a , b , A' , A'' , B' , B'' , C' и C'' измеряют универсальными средствами измерения



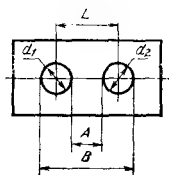
Деталь поворачивают на 180° и с помощью измерительной головки определяют полуразность расстояния A и B . Отклонение от симметричности

$$\Delta = \frac{CA - CB}{2}$$

где CA и CB — показания измерительной головки в положениях детали A и B

Измерение расстояний между осями отверстий

При зависимых допусках на межосевые расстояния контроль целесообразно производить комплексными калибрами. Для небольших деталей могут быть использованы проекторы



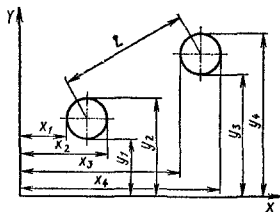
При определении межосевого расстояния универсальными средствами измерения необходимо измерить:

$$A, d_1 \text{ и } d_2, \text{ тогда } L = A + \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$B, d_1 \text{ и } d_2, \text{ тогда } L = B - \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$A \text{ и } B, \text{ тогда } L = \frac{A + B}{2}$$

Схема намерения и краткое описание



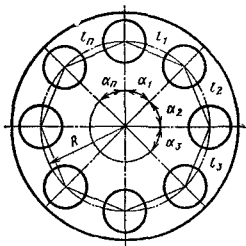
При измерении межосевого расстояния:
а) отсчет координат производят по крайям контура отверстий; в этом случае

$$L = \frac{1}{2} \sqrt{(x_3 + x_4 - x_1 - x_2)^2 + (y_3 + y_4 - y_1 - y_2)^2};$$

б) отсчет координат производят по центрам отверстий; в этом случае

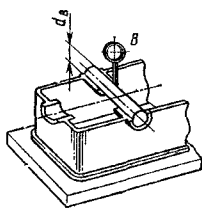
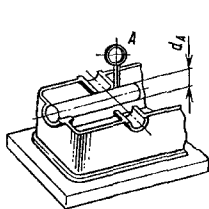
$$L = \sqrt{(x'_2 - x'_1)^2 + (y'_2 - y'_1)^2},$$

где x'_1 и y'_1 — координаты первого отверстия; x'_2 и y'_2 — координаты второго отверстия



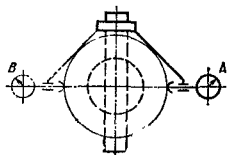
При поэлементном измерении расположения осей, заданного в полярных координатах, измерение центральных углов α между осями часто заменяют измерением хорд l , соединяющих смежные центры. Длина хорды $l = 2R \sin \alpha/2$. Методику обработки результатов измерений см. [17]

Измерение отклонения от пересечения осей



В сечении, соответствующем точке пересечения осей, измеряют высоту положения двух оправок, пригнанных к проверяемым отверстиям. Отклонение от пересечения осей равно разности высот A и B с учетом диаметров оправок d_A и d_B :

$$\Delta = (A - B) - \frac{d_A - d_B}{2}$$



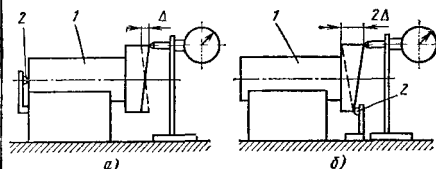
Отклонение от пересечения осей наружной и внутренней поверхностей

$$\Delta = \frac{C_A - C_B}{2},$$

где C_A и C_B — показания головки в положениях A и B

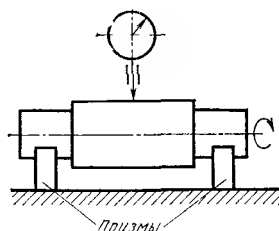
Схема измерения и краткое описание

Измерение торцового биения



Измеряемые детали 1 (схема а) устанавливают базовыми поверхностями и фиксируют в осевом направлении упором 2 (схемы а, б). При расположении упора 2 по схеме б торцовое биение Δ равно половине разности между наибольшим и наименьшим показателем измерительной головки за один оборот детали

Измерение радиального биения



Измеряемые детали устанавливают базовыми поверхностями на призмы (в центрах, насаживаяют на коническую, цилиндрическую, ступенчатую или разжимную оправки). Измерение осуществляют с помощью измерительной головки, закрепляемой в стойке, универсальном штативе или специальном измерительном приспособлении. Радиальное биение определяют как разность между наибольшим и наименьшим показаниями измерительной головки за один оборот детали

Измерение параметров шероховатости поверхности. Параметры шероховатости поверхности измеряют бесконтактными методами с помощью приборов светового сечения (ПСС), теневого сечения (ПТС), растровых микроскопов (ОРИМ) и микроинтерферометров (МИИ), а также контактными методами с помощью шуповых приборов (профилометров и профилографов). Некоторые типы этих приборов приведены в табл. 32. Параметры шероховатости внут-

32. Средства измерения параметров шероховатости поверхности

Прибор	Параметры шероховато- сти поверх- ности	Пределы измерения	Базовые длины, мм
Светового сечения ПСС-2	$R_z, R_{\max}$ S, S_m	40—0,8 мкм 2,5—0,002 мм	2,5; 0,8; 0,25 0,08; 0,03; 0,01
Теневого сечения ПТС-1	$R_z, R_{\max}$ S, S_m	320—40 мкм 6,3—0,020 мм	8; 2,5; 0,8; 0,25
Однообъективный растровый измерительный микроскоп ОРИМ-1	$R_z, R_{\max}$ S, S_m	40—0,4 мкм 2,5—0,002 мм	2,5; 0,8; 0,25; 0,08; 0,03; 0,01
Профилограф- профилометр мод. 201	профилометр	R_a	8,0—0,02 мкм 0,08; 0,25; 0,8; 2,5
	профилограф	R_a $R_z, R_{\max}$ S, S_m t_p	20—0,008 мкм 100—0,025 мкм 12,5—0,003 мм 90—10%

Продолжение табл. 32

Прибор		Параметры шероховатости поверхности	Пределы измерения	Базовые длины, мм
Профилограф-профилометр мод. 252	профилометр	Ra $R \max$ Sm tp	100—0,02 мкм 200—0,1 мкм 12,5—0,003 мм 90—10%	2,5; 0,8; 0,25; 0,08
	профилограф	Rz , $R \max$ Ra S , Sm tp	250—0,02 мкм 60—0,05 мкм 12,5—0,003 мм 90—10%	Весь ряд
Профилометр мод. 253		Ra	2,5—0,04 мкм	0,25; 0,8; 2,5

ренных поверхностей и в труднодоступных местах деталей, а также без снятия их со станка измеряют иммерсионно-репличным интерферометром МИИ-10. В качестве материала для реплик применяют основу киноплёнки с известным показателем преломления. В аналогичных случаях для измерения параметров шероховатости поверхности может быть использован метод слепков. В качестве материалов для изготовления слепков применяют целлулонд, легкоплавкие сплавы, воск, гипс-хромпик, лак-цапон, парафин, масляную гуттаперчу, эпоксидные смолы и др.

Упрощенные специальные пружинные щуповые приборы ИПШ (завода ЛИЗ) используют для измерения параметров Rz плоских, сферических, наружных и внутренних цилиндрических поверхностей.

На рабочих местах в цехах широко используют метод контроля шероховатости сравнением изделия со стандартным рабочим образцом шероховатости (ГОСТ 9378—75) или с аттестованной деталью. При этом оценку шероховатости поверхности производят визуально-осязательным методом, с помощью лупы или специального микроскопа сравнения, позволяющих одновременно наблюдать поверхность образца и детали с увеличением приблизительно 80×.

Измерение углов и конусов. Для измерения углов и конусов применяют следующие методы: 1) сравнения; 2) тригонометрические; 3) гониометрические.

Измерение углов методами сравнения осуществляют сравнением их с угловыми мерами (призматическими угловыми мерами, угловыми шаблонами, угольниками и конусными калибрами).

Призматические угловые меры (ГОСТ 2875—75) должны изготавливаться следующих типов: 1 — с одним рабочим углом со срезанной вершиной; 2 — с одним рабочим углом остроугольные; 3 — с четырьмя рабочими углами; 4 — многогранные с равномерным угловым шагом; 5 — с тремя рабочими углами (МУСЛ). Наборы призматических угловых мер приведены в табл. 33. Призматические угловые меры собирают в блоки с помощью специальных державок.

На рис. 30 показана схема контактного метода сравнения измеряемого угла изделия 1 с углом образцовой жесткой меры 2. Если угол изделия отличается от угла меры, то отсчет индикатора отличается от отсчета при установке меры на величину p . Величина

отклонения угла $\Delta\alpha = p/L$. Так как размер L постоянен, то шкала индикатора может быть отградуирована в угловых величинах. Величина измеряемого угла равна алгебраической сумме измеренной величины отклонения и действительного значения угла меры.

33. Наборы угловых мер

Номер набора	Число мер в наборе	Градации	Номинальные значения рабочих углов	Число мер	Классы наборов
1	93	1° 10' 1'	От 10° до 79° » 15°10' » 15°50' » 15°01' » 15°09'	70 5 9	0; 1; 2
		—	80°—81°—100°—99°; 82°—83°—93°—97°; 84°—85°—96°—95°; 86°—87°—94°—83°; 88°—89°—92°—91°; 90°—90°—90°—90°	6	
		—	89°10'—89°20'—90°50'—90°40'; 89°30'—89°40'—90°30'—90°20'; 89°50'—89°59'—90°10'—90°01'	3	
2	33	1° 10° — 45° 10' 1'	От 10° до 20° » 30° » 70° » 15°10' » 15°50' » 15°01' » 15°09'	11 5 1 5 9	0; 1; 2
		—	80°—81°—100°—99°; 90°—90°—90°—90°	2	
3	8	—	10°; 15°; 20°; 30°; 45°; 55°; 60° 90°—90°—90°—90°	7 1	1; 2
4	8	—	15°10'; 30°20'; 45°; 45°30' 50°; 60°40'; 75°50'	7	1
			90°—90°—90°—90°	1	
5	7	15'' —	От 15° до 15°01' 89°59'30''—89°59'45''—90°00'30''— —90°00'15''	5 1	0
		—	90°—90°—90°—90°	1	
6	24	1° 2'	От 1° до 9° От 1' до 29'	9 15	0; 1

Продолжение табл. 33

Номер набора	Число мер в наборе	Градации	Номинальные значения рабочих углов	Число мер	Классы наборов
7	18	—	5°; 10°; 20°; 30° 1'; 3'; 5'; 10'; 20'; 30' 1°; 3°; 5°; 10°; 15°; 20°; 30°; 45°	4 6 8	0
8 (набор принадлежностей)	3	—	Специальная линейка Комплект принадлежностей для крепления мер и специальная линейка в блоках Отвертка	1 1 1	—
Примечание. Наборы угловых мер № 1—3 должны комплектоваться принадлежностями из набора № 8.					

На рис. 31 приведена схема измерения угла изделия 1 методом сравнения с углом угольника 2. При этом отклонение угла изделия $\Delta\alpha = p/H$. Поскольку размер H неизменен, то величина просвета

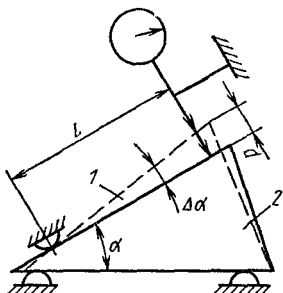


Рис. 30. Схема измерения угла детали сравнением с углом образцовой жесткой меры

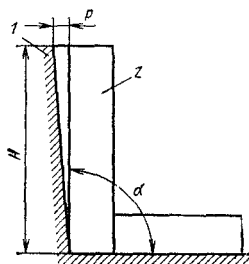


Рис. 31. Схема измерения угла изделия методом сравнения с углом угольника

может служить мерой отклонений в угловых величинах. Просвет может наблюдаться: 1) у конца стороны угольника — угол изделия больше угла угольника; 2) у вершины угла — угол изделия меньше угла угольника.

По ГОСТ 3749—77 поверочные угольники 90° размером до 1600 мм изготовляют следующих типов: УЛ — лекальные, УЛП — лекальные плоские, УЛЦ — лекальные цилиндрические, УП — слесарные плоские и УШ — слесарные с широким основанием. Лекальные угольники (УЛ, УЛП, УЛЦ) имеют точность 0 и 1-го классов, а слесарные — 0,1 и 2-го классов.

С помощью калибров углы измеряют по прилеганию к поверхности калибра (по краске) и по базорасстоянию (по глубине по-

гружения калибра-пробки в изготавливаемую втулку либо изготовляемого хвостовика в калибр-втулку).

С помощью шаблонов углы измеряют на просвет и по рискам, нанесенным на поверхности шаблонов. Угловые шаблоны бывают жесткие и регулируемые.

Измерение внутренних конусов путем сравнения с калибрами-втулками выполняют с помощью специальных приспособлений-индикаторных нутромеров, а также используя стандартные глубиномеры с двумя сменными специальными наконечниками, выполненными в форме дисков со сферической или торической боковой поверхностью.

При тригонометрических (косвенных) методах измерения углов образцами служат углы прямоугольных треугольников, две стороны которых измеряют или воспроизводят с помощью средств и методов линейных измерений. Стандартными средствами измерения углов этим методом являются синусные линейки (ГОСТ 4046—71), которые выпускают типов: I — без опорной плиты с одним наклоном; II — с опорной плитой с одним наклоном; III — с двумя опорными плитами с двойным наклоном. Угол на синусной линейке

$$\sin \alpha = \frac{h}{L}, \quad (1)$$

где α — угол поворота линейки; h — размер установочного блока концевых мер, мм; L — расстояние между осями роликов линейки, мм.

Допускаемые погрешности линеек I и 2-го классов точности приведены в табл. 34.

34. Допускаемые погрешности ($\pm$) синусных линеек, угловые секунды (в числителе 1-го класса точности, в знаменателе 2-го класса точности)

Тип линейки	Угол установ- ки, °	L, мм				
		100	150	200	300	500
I	До 30	$\frac{5}{8}$	—	$\frac{4}{6}$		
	Св. 30 до 45	$\frac{6}{10}$	—	$\frac{5}{8}$		
II	До 30	$\frac{6}{9}$	—	$\frac{5}{8}$		
	Св. 30 до 45	$\frac{8}{12}$	—	$\frac{6}{10}$		
III	До 30	—	$\frac{8}{12}$	$\frac{6}{9}$	—	
	Св. 30 до 45	—	$\frac{10}{15}$	$\frac{8}{13}$	—	

Примечание. Погрешности для линеек типа III установлены отдельно для продольной и поперечной установки.

При измерении угла наружного конуса 1 на синусной линейке (рис. 32, а) под один из роликов 3 подкладывают концевые меры 4, добиваясь того, чтобы показания точной измерительной головки по всей длине образующей конуса были одинаковы. Угол конуса

$$\sin 2\alpha = \frac{h}{L}.$$

На рис. 32, б приведена схема измерения угла внутреннего конуса втулки на синусной линейке. При этом угол конуса $2\alpha = \gamma + \beta$. Углы γ и β определяют по формуле (1). Базой для установки служит наружная поверхность втулки.

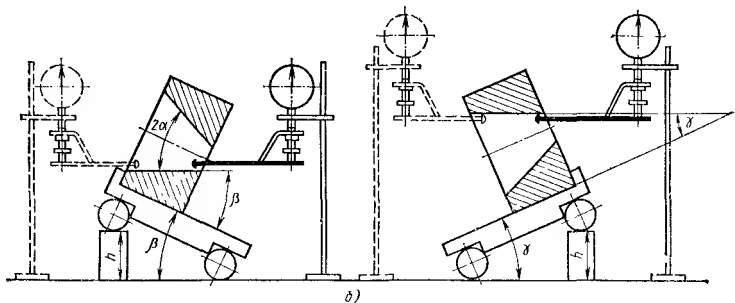
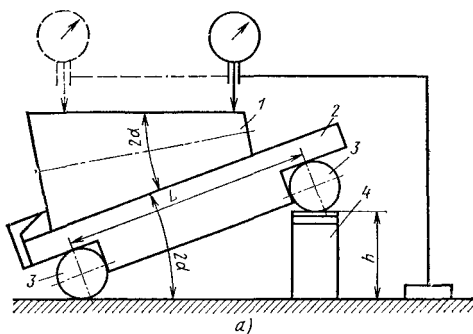


Рис. 32. Схемы измерения угла на синусной линейке:
а — наружного конуса; б — внутреннего конуса

Для измерения углов конусов и клиньев 1 (рис. 33) применяют калиброванные шарики или цилиндрические ролики 2 в сочетании с плоскопараллельными концевыми мерами длины 3. В этом случае угол наклона определяют по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{M-m}{2L}.$$

Внутренние конусы и глубокие угловые пазы 1 (рис. 34) измеряют с помощью двух шариков или роликов 2. В проверяемое коническое отверстие поочередно закладывают два аттестованных шарика (в глубокий паз — два ролика) диаметром D и d и с помощью глубиномера 3 определяют размеры H и h . Искомый угол определяют по формуле

$$\sin \alpha = \frac{0,5 (D - d)}{H - h - 0,5 (D - d)}.$$

Рис. 33. Схема измерения угла конуса с помощью калиброванных шариков и концевых мер длины

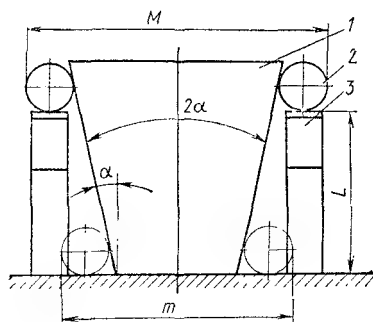
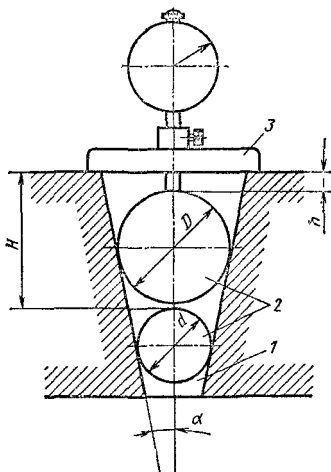


Рис. 34. Схема измерения внутренних конусов и глубоких угловых пазов с помощью двух шариков или роликов



При измерении внутренних конусов с помощью нутромера и штангенглубиномера 1 (рис. 35) последний используют в качестве упора. Нутромер 2 устанавливают на нужную высоту и, покачивая его, замечают минимальное показание прибора. Измерив таким способом диаметр на другой высоте, рассчитывают угол наклона:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D_1 - D_2}{2 (h_2 - h_1)},$$

где $D_1 - D_2$ — разность показаний нутромера на разных высотах; $h_2 - h_1$ — разность показаний штангенглубиномера.

При измерении угла уклона конуса 1 (рис. 36) на универсальном измерительном микроскопе с помощью ножей 2:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D - d}{2L}.$$

При измерении углов гониометрическим методом сравнивают измеряемый угол со шкалой лимба, встроенного в прибор. Некоторые приборы этой группы приведены в табл. 35. Кроме указанных

применяют рамные и брусковые уровни (ГОСТ 9392—75), контрольные уровни (ГОСТ 3059—75), уровни с микрометрической подачей ампулы (ГОСТ 11196—74), индуктивные уровни, измерительные микроскопы, оснащенные угломерными штриховыми головками, гониометры (ГОСТ 10021—74), теодолиты (ГОСТ 10529—79), интерференционные автоколлимационные приборы и др. [5, 16, 20].

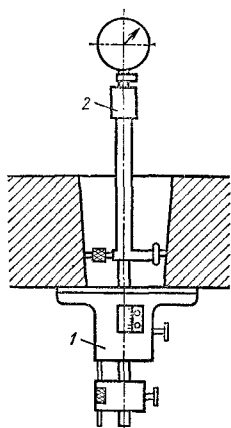


Рис. 35. Схема измерения внутренних конусов с помощью нутромера и штанген-глубиномера

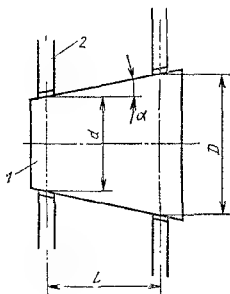


Рис. 36. Схема измерения угла уклона конуса на универсальном измерительном микроскопе с помощью ножей

35. Приборы для измерения углов гониометрическим методом

Наименование, тип, ГОСТ	Диапазон измерения, ...°	Цена деления отсчетной шкалы	Допускаемая погрешность	Измерение
Механические угломеры типа УН, ГОСТ 5378—66	0—180 (для внешних углов) 40—180 (для внутренних углов)	2' 5'	$\pm 2'$ $\pm 5'$	Внешних и внутренних углов
Механические угломеры типа УМ, ГОСТ 5378—66	0—180	2' 5' 15'	$\pm 2'$ $\pm 5'$ $\pm 15'$	Внешних углов
Оптические угломеры типа ОУ, ГОСТ 11197—73	0—180 (для внешних углов) 30—180 (для внутренних углов)	5'	$\pm 2,5'$	Внешних и внутренних углов

Продолжение табл. 35

Наименование, тип, ГОСТ	Диапазон измерения, ...°	Цена деления отсчетной шкалы	Допускаемая погрешность	Измерение
Оптические делительные головки, ГОСТ 9016—77: ОДГЭ-1	—	1"	$\pm \left(1 + \sin \frac{\alpha^*}{2}\right)$	Центральных углов и в по- лярных ко- ординатах
ОДГЭ-2	0—360n, где n = 1, 2, 3, ...	2"	$\pm \left(2 + 2 \sin \frac{\alpha^*}{2}\right)$	
ОДГЭ-5		5"	$\pm \left(5 + 5 \sin \frac{\alpha^*}{2}\right)$	
ОДГЭ-20		20"	$\pm 20"$	
Оптические квадранты, ГОСТ 14967—69	± 120	1' 5"	$\pm 15"$ $\pm 2"$	Угловых отклонений объектов от горизон- тального положения

* Значение измеряемого или устанавливаемого угла.

Измерение резьб. Резьбы измеряют комплексным и дифференцированным (поэлементным) методами. Комплексный метод измерения применяют для резьб, допуск среднего размера которых является суммарным. В этом случае резьбы измеряют с помощью предельных резьбовых калибров, а также проекторов путем сравнения действительного контура проверяемой резьбы с предельным на всей длине свинчивания. Допуски и исполнительные размеры калибров для метрической резьбы должны быть в соответствии с ГОСТ 3199—73; ГОСТ 18107—72. Комплексный метод широко используют для измерения внутренней резьбы.

Дифференцированный метод измерения применяют в тех случаях, когда допуски установлены отдельно на каждый параметр резьбы. В связи с тем, что данный метод является сложным и трудоемким, его используют главным образом для точных резьб, а также когда допуск на средний диаметр является суммарным допуском. В таких случаях по результатам измерения отдельных параметров резьбы подсчитывают значение приведенного среднего диаметра и судят о годности резьбового изделия.

Измерение наружной резьбы. Средний диаметр резьбы резьбовыми вставками с помощью проволочек и проекционными методами. Резьбовые вставки (рис. 37, а) используют в сочетании с микрометрами, микрометрическими штихмассами и индикаторными приборами. Погрешность измерения при этом 0,025—0,2 мм.

При использовании резьбовых образцов для установки микрометров погрешность уменьшается до 0,01—0,1 мм.

Наиболее точно средний диаметр резьбы определяют методом трех проволок (рис. 37, б). При этом измеряют размер M контактным прибором (микрометром, оптиметром, вертикальным длиномером и др.), а средний диаметр резьбы определяют по формулам, приведенным в табл. 36.

При небольшом числе витков используют метод двух проволок, а для измерения крупных резьб — метод одной проволоки [5, 20].

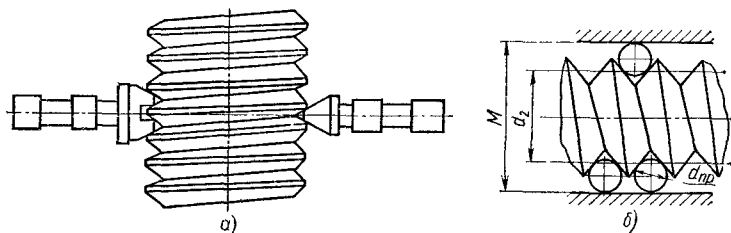


Рис. 37. Схема измерения среднего диаметра резьбы:
а — с помощью резьбовых вставок; б — методом трех проволок

36. Формулы для подсчета среднего диаметра резьбы

Резьба	d_2
Метрическая ($\alpha = 60^\circ$)	$M - 3d_D + 0,866P$
Трубиная ($\alpha = 55^\circ$)	$M - 3,1657d_D + 0,9605P$
Трапецеидальная ($\alpha = 30^\circ$)	$M - 4,8637d_D + 1,866P$
Упорная ($\beta = 30^\circ$; $\gamma = 3^\circ$)	$M - 4,4236d_D + 1,5879P$

d_D — номинальное значение диаметра проволоки, мм; P — номинальное значение шага резьбы, мм; α — номинальное значение угла профиля резьбы; β и γ — номинальные значения углов наклона сторон профиля.

Минимальная погрешность измерения получается при использовании проволок с предпочтительным номинальным диаметром d_{D_0} :

а) для резьб с симметричным профилем $d_{D_0} = P / \left(2 \cos \frac{\alpha}{2} \right)$;

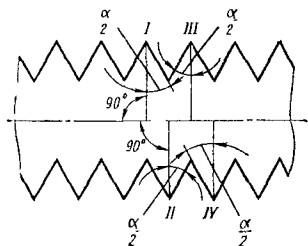
б) для упорной резьбы ($\gamma = 3^\circ$; $\beta = 30^\circ$) $d_{D_0}' = 0,5431 P$.

При использовании измерительных проволок, номинальный диаметр которых не является предпочтительным, результаты измерения должны быть откорректированы. Типы и размеры измерительных проволок регламентирует СТ СЭВ 242—75.

Средний диаметр наружной резьбы измеряют проекционным методом на универсальном или инструментальном микроскопе с помощью ножей или шарового наконечника.

Шаг резьбы измеряют с помощью универсального и инструментального микроscopes, проекторов, а также стационарных или накладных шагомеров. Номинальный шаг резьбы определяют резьбовыми шаблонами (ГОСТ 519—77).

Угол профиля резьбы измеряют на микроскопах (с помощью ножей и теневым способом) или на проекторах. Половину угла профиля измеряют по схеме, показанной на рис. 38, а действительные значения половин угла профиля определяют по формулам



$$\frac{\alpha_{\text{п}}}{2} = \frac{\frac{\alpha}{2} (\text{III}) + \frac{\alpha}{2} (\text{IV})}{2};$$

$$\frac{\alpha_{\text{л}}}{2} = \frac{\frac{\alpha}{2} (\text{I}) + \frac{\alpha}{2} (\text{II})}{2}.$$

Рис. 38. Схема измерения половины угла профиля резьбы

Наружный диаметр резьбы измеряют гладкими предельными калибрами и универсальными измерительными инструментами или приборами, а внутренний диаметр резьбы — с помощью микрометров со специальными вставками, а также измерительных микроскопов или проекторов.

Измерение внутренней резьбы. Средний диаметр внутренней резьбы измеряют шаровыми наконечниками в сочетании с микрометрическими штихмассами, индикаторными приборами и горизонтальными оптиметрами со специальным приспособлением. Предпочтительный диаметр шаровой поверхности наконечника определяют таким же образом, как и диаметр проволок.

Средний диаметр, шаг и угол профиля внутренних резьб с номинальным диаметром от 18 мм и выше могут быть измерены резьбовым микроскопом ИЗК-59.

Параметры внутренних резьб могут быть определены на измерительных микроскопах с помощью слепков и отливок. Рекомендуемая рецептура для слепков: 60 частей чистого гипса; 40 частей 40 %-ного раствора хромпика в воде; температура смеси 40—50 °С. Для отливок используют серу и легкоплавкие сплавы. Номинальный шаг внутренней резьбы можно измерять резьбовыми шаблонами путем подбора пластинки, обеспечивающей минимальный зазор по профилю резьбы, шагомерным прибором (рис. 39).

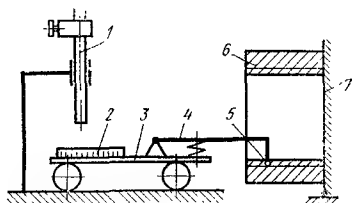


Рис. 39. Схема измерения шага внутренней резьбы:

1 — микроскоп; 2 — шкала; 3 — каретка; 4 — рычаг; 5 — измерительный наконечник; 6 — проверяемая деталь; 7 — устройство для закрепления детали

ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Измерение освещенности. Плоскостную освещенность измеряют люксметрами (табл. 37) путем использования специальных насадок.

37. Люксметры

Тип	Пределы измерений, лк	Число пределов измерения	Класс точности
Ю-17	1—100	3	10
Ю-16	25—50000	6	10
Ю-15	100 и 500	2	15

Измерение уровня и спектра шума. Измеритель шума и вибрации мод. ИШВ-1 и ИШВ-3 предназначены для измерения среднеквадратичных значений уровней звукового давления, виброускорения и виброскорости в октавных полосах частот и уровней звука по коррекциям *A*, *B*, *C*. Пределы измерения: 1) звукового давления от 30 до 130 дБ относительно порогового значения $2 \cdot 10^{-5}$ Па в диапазоне частот 20—12 500 Гц; 2) виброускорения от 30 до 130 дБ относительно порогового значения $3 \cdot 10^{-4}$ м/с² в диапазоне частот 10—12 500 Гц; 3) виброскорости от 70 до 160 дБ относительно порогового значения $5 \cdot 10^{-8}$ м/с в диапазоне частот 10—2800 Гц. Методику и средства измерения параметров шума см. [3].

Измерение влажности. Для измерения влажности воздуха используют психометры, гигрометры и гигрографы. При использовании психометров абсолютную и относительную влажность вычисляют по показаниям сухого и влажного термометров [3]. Гигрометры и гигрографы служат для прямого определения относительной влажности.

Измерение температуры. При измерении температуры контактным методом применяют термометры стеклянные жидкостные, манометрические (газовые, конденсационные, жидкостные), dilatометрические, биметаллические, термоэлектрические (с металлическими термоэлектродами из благородных и неблагородных металлов; с термоэлектродами из тугоплавких соединений), термометры сопротивления. Верхние пределы измерения термометров этой группы 2500—2600 °С. Для измерения температуры бесконтактным методом используют пирометры полного излучения (радиационные), частичного излучения (яркостные) и цветовые (спектрального отношения). Пирометрами измеряют температуру от 300 до 6000 °С и выше [1, 18].

Измерение давления [1, 18]. Давление измеряют по результатам его механического воздействия на чувствительный элемент, который это давление преобразует в силу упругости, деформацию, изменение электропроводности и т. п. Малое давление газов измеряют по плотности газа при данной температуре, теплопроводности, интенсивности ионизации.

Приборы для измерения давления подразделяют на манометры абсолютного давления, манометры избыточного давления, барометры (для измерения атмосферного давления), вакуумметры (для измерения вакуумметрического давления), мановакуумметры (для

измерения вакуумметрического и избыточного давлений), микроманометры (для измерения малых избыточных давлений и разрежений), дифференциальные манометры (для измерения разности давлений). По принципу действия различают манометры жидкостные, поршневые, с упругим элементом, комбинированные, электрические.

Измерение расхода жидкостей и газа [1, 10, 18]. Приборы, измеряющие количество вещества (в единицах объема или массы), протекающего через данное сечение трубопровода в единицу времени (обычно час), называют расходомерами. По принципу действия различают: расходомеры переменного перепада давления, постоянного перепада давления, тахометрические, скоростного напора, калориметрические, массовые, электромагнитные (индукционные), ультразвуковые и основанные на ядерном резонансе. Наиболее широкое применение нашли расходомеры переменного перепада давлений.

Измерение количества жидкостей и газа [1, 10, 18]. Количество жидкостей и газа выражают в единицах объема, а иногда в единицах массы. Для измерения количества вещества, протекающего через данное сечение трубопровода за некоторый промежуток времени (смену, сутки и т. д.), применяют счетчики количества жидкостей и газов. Счетчики жидкостей бывают объемные (поршневые, дисковые, кольцевые, шестеренчатые, ковшовые, пластинчатые) и скоростные (турбинные); кроме того, применяют расходомеры переменного перепада давления, оснащенные интеграторами. Для измерения количества газа используют объемные газосчетчики, которые бывают барабанные, мембранные и ротационные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Автоматические** приборы, регуляторы и вычислительные системы: Справочное пособие / Под ред. Б. Д. Кошарского, Л.: Машиностроение, 1976, 488 с.
2. **Анурьев В. И.** Справочник конструктора-машиностроителя. Т. 1, 2, 3. Изд. 5-е. М.: Машиностроение, 1979, 728 с., 560 с., 559 с.
3. **Безопасность** труда на производстве. Исследования и испытания: Справочное пособие / Под ред. Б. М. Злобинского. М.: Металлургия, 1976. 400 с.
4. **Бейзельман Р. Д., Цыпкин В. В., Перель Л. Я.** Подшипники качения: Справочник. М.: Машиностроение, 1975. 575 с.
5. **Взаимозаменяемость** и технические измерения в машиностроении. М.: Машиностроение, 1972. 616 с.
6. **Гузенков П. Г.** Детали машин. Изд. 2-е. М.: Высшая школа, 1975. 464 с.
7. **Дунаев П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин. М.: Высшая школа, 1978. 352 с.
8. **Дунин-Барковский И. В., Карташова А. Н.** Измерения и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности. М.: Машиностроение, 1978. 232 с.
9. **Контроль** прямолинейности, плоскостности и соосности в станкостроении. Руководящие материалы. М.: НИИмаш, 1971. 180 с.
10. **Кремлевский П. П.** Расходомеры и счетчики количества. Л.: Машиностроение, 1975. 776 с.
11. **Кудрявцев В. Н.** Детали машин. Л.: Машиностроение, 1980. 464 с.
12. **Куклин Н. Г., Куклина Г. С.** Детали машин. М.: Высшая школа, 1978. 382 с.
13. **Левятов Д. С.** Расчет и конструирование деталей машин. Изд. 2-е. М.: Высшая школа, 1979. 303 с.
14. **Лоповок Т. С.** Волнистость поверхности и ее измерение. М.: Издательство стандартов, 1973. 184 с.
15. **Медянцева Л. Л., Горбачева В. В., Шарова Е. Е.** Контроль прямолинейности и плоскостности поверхностей. М.: Издательство стандартов, 1972. 120 с.
16. **Общетехнический справочник** / Под ред. проф. Д. Н. Малова. М.: Машиностроение, 1971. 464 с.
17. **Палей М. А.** Отклонения формы и расположения поверхностей. М.: Издательство стандартов, 1973. 242 с.
18. **Преображенский В. П.** Теплотехнические измерения и приборы. М.: Энергия, 1978. 704 с.
19. **Решетов Д. Н.** Детали машин. М.: Машиностроение, 1975. 655 с.
20. **Справочник** по производственному контролю в машиностроении / Под ред. проф. А. К. Кутая, Л.: Машиностроение, 1974. 976 с.

ПЕРЕЧЕНЬ ГОСТов И СТ СЭВ

В справочнике использованы ГОСТы и СТ СЭВ,
действующие и утвержденные на 14 августа 1981 г.

ГОСТы

ГОСТ	Страница	ГОСТ	Страница
2.308—79	357	832—78	305
(СТ СЭВ 368—76)		849—70*	109
2.309—73	362	859—78	99
5.899—71*	166	860—75*	108
5.1494—72	166	868—72	367
9.104—79	161	931—78	126
5—78	132	1050—74**	75, 84
10—75*	365	1066—80	126
162—73	365	1071—67*	119
164—73	365	1131—76	96
166—73	364	1133—71	114
167—69	122	1208—73	122
282—72	167	1215—79	76, 81
333—79	308	12844—68	272,
380—71*	74, 75, 82		274—276
427—75	364	1320—74*	76, 108
492—73*	105, 106, 110	1412—79	76
493—79	104	1411—75	75, 87
494—76	122	1435—74	75, 87
519—77*	396	1467—77	109
520—71*	302	1476—75*	222, 229
529—78	122	1477—75*	222, 229
577—68*	365, 366	1478—75*	222, 229
588—74	284	1482—75*	222, 228
591—69	284	1485—75*	222, 228
592—75	284	1488—75*	222, 225
613—79	104	1491—72*	222, 223
617—72	122	1595—71	127
792—67	119	1628—78	127
804—72*	109	1631—61*	173
831—75	305	1761—79	127

Продолжение

ГОСТ	Страница	ГОСТ	Страница
1789—70*	127	5915—70*	222, 234
1957—73*	173	5916—70*	222, 234
2060—73*	126	5918—73*	222, 238
2196—75	169	5919—73*	222, 238
2214—78Е	169	5927—70*	222, 236
2524—70*	222, 236	5929—70*	222, 236
2526—70*	222, 236	5931—70*	222, 239
2528—73*	222, 237	5932—73*	222, 238
2590—71*	114	5933—73*	222, 238
2591—71*	114	5935—73*	222, 237
2622—75	122	5950—73*	75, 92
2685—75*	96	6009—74	117
2718—74*	133	6111—52*	199, 201, 202, 207
2771—57	117, 126		
2789—73*	143, 360	6120—75	169
2824—75*	167	6121—75	169
2856—79	110	6122—75	169
2875—75*	387	6132—79	123
2879—69	114	6267—74	173
3059—75*	393	6308—71*	167
3169—71	308	6402—70*	222, 243
3199—73	394	6418—67	167
3262—75*	119	6424—73	246, 247
3276—74*	172	6507—78	365
3333—80	173	(СТ СЭВ 344—76—	
3443—77	73	СТ СЭВ 352—76)	
3749—77*	389	6511—60	127
3882—74*	76, 111	6836—72	109
4045—71*	390	6874—75	306
4268—75	169	6933—72*	366
4366—76*	173	6958—78	222, 241, 242
4381—68*	367	(СТ СЭВ 280—76)	
4513—71*	85	6982—75	267
4693—77	114	7171—78	172
4784—74*	95, 96, 123	7242—70*	304
5017—74*	103	7350—77	117
5222—72*	127	7502—69	364
5378—66*	393	7661—67*	367
5405—75	368	7769—75	76, 217
5584—75*	366	7795—70*	212
5632—72*	87, 90	7796—70*	212
5639—65	73	7798—70*	212, 217
5640—68	73	7805—70*	212, 214
5689—79	133	7808—70*	212, 214
5720—75	304, 305	7811—70*	212
5721—75	307	7817—72*	212, 216

Продолжение

ГОСТ	Страница	ГОСТ	Страница
7872—75	306	10388—73	367
8074—71	368	10450—78	222, 241, 242
8233—56	73	(СТ СЭВ 280—76)	
8239—72	116	10498—63*	119
8240—72	114	10529—79	393
8278—75*	115	10593—74Е	366
8281—80	115	10704—76	119
8282—76	115	10707—73*	119
8328—75*	306, 307	10851—73	133
8509—72*	114	10875—76	368
8510—72*	114	10877—76*	172
8551—74*	173	10885—75*	116
8732—78	119	10905—75*	374
8734—75*	119	11017—80	119
8773—73*	173	11025—78	167
8790—68	255	11069—74*	95
8820—69	178, 182	11074—75*	222, 230
8878—75*	222, 230	11075—75*	222, 230
8882—75	304	11098—75*	366
8918—69	222, 240	11110—75*	173
9016—77	394	11196—74	393
9109—76	155	11197—73	393
9244—75*	367	11198—75	367
9355—60	155	11268—76	117
9359—73*	133	11284—75	203, 207, 208
9378—75	387	11358—74	367
9389—75	119	11371—78	241, 242
9392—75*	393	(СТ СЭВ 280—76,	
9433—80	173	СТ СЭВ 281—76)	
9567—75	119	11383—75	122, 126
9696—75	366	11738—72	222, 226
9825—73*	154	11849—75	81
9940—72*	119	11850—72	119
9941—72*	119	11860—73	222, 240
10007—72	129	11951—66*	367
10021—74*	393	12132—66*	119
10025—78	127	12201—66	212, 219
10092—75	122	12208—66	255
10156—78Е	169	12271—76	129
10177—62	199	12415—80	203, 210
10197—70*	365	12460—67	245
10243—75	74	13152—67	212, 219
10277—76	156	13229—78	116
10292—74*	132	13438—68	222, 242
10336—63*	222, 227	13439—68	222, 242
10341—63*	222, 227	13463—77	245

Продолжение

ГОСТ	Страница	ГОСТ	Страница
13498—68	109	15590—70*	212
13548—77	122	15591—70*	212
13552—68	284	15809—70*	130
13568—75	284	15834—77	127
13576—68	284	15835—70	127
13581—68*	364	15883—70	117
13616—78	123	15945—70	178, 179
13617—68	123	16105—70*	173
13618—68	123	16302—79	155
13619—68	123	16337—77E	128
13620—68	123	16338—77	128
13621—79	123	16530—70	288
13622—68	123	16531—70	288
13623—80	123	16976—71	147
13624—80	123	17217—79	122
13737—68	123	17232—79	123
13738—68	123	17383—73	268, 269
13744—76	129	17473—72*	222—224
13754—68*	178	17474—72*	222—224
13755—68	178	17475—72*	222—224
14007—68	145	17478—72	132
14028—68*	368	17575—72	123
14034—74	210, 211	17576—72	123
14068—79	173	17646—72	122
14113—78	106	17648—72	130
14162—79	119	17711—80	101
14296—78	173	17715—72	117
14332—78E	129	18107—72*	394
14711—69*	366	18175—78	104
14724—69	212	18186—79	155
14864—78	367	18498—73	297
14865—78	367	18598—73	297
14866—76	367	18697—73	267
14906—77*	129	18833—73*	366
14955—77	114	18854—73	303
14957—76	110	18855—73	303
14959—79	88	19036—73	297
14967—69	394	19198—73	171
14968—69*	368	19241—73	110
15040—77	122	19265—73	93
15163—78	212	19281—73	85
15521—70*	222, 234	19282—73	89
15522—70*	222, 234	19441—74	122
15524—70*	222, 239	19459—74	130
15527—70*	99, 100	19537—74	172
15589—70*	212	19650—74	298, 300

Продолжение

ГОСТ	Страница	ГОСТ	Страница
19672-71*	297	21073.0-75-	73
(СТ СЭВ 287-76)		21073.4-75	
19703-79	126	21401-75*	364
19719-71	308	21427.0-75-	88, 89
19738-71	114	21427.3-75	
19772-71	114	21437-75	107
19782-74	173	21488-76*	96, 123
19784-74	129	21631-76	119-121
19807-71	107	21646-76*	122
19832-71	173	21930-76	112
19903-74	116, 117	21945-76	122
19904-74	116, 117	21990-76	128
20282-74*	129	22032-76*	222, 231
20437-75	131	22033-76*	222
20468-80	156	22034-76*	222, 231
20799-75	172	22035-76*	222
20847-75	74	22036-76*	222, 231
20889-75	273, 274	22037-76*	222
20890-75	233, 274	22038-76*	222, 231
20891-75	273, 274	22039-76*	222
20892-75	273, 274	22040-76*	231
20893-75	273, 274	22041-76*	222
20894-75	273, 274	22042-76*	233
20895-75	273, 274	22043-76*	222, 233
20896-75	273, 274	23343-78	155
20897-75	273, 274	23495-79	155
21014-75*	74		

СТ СЭВ

СТ СЭВ	Страница	СТ СЭВ	Страница
118-74	261	179-75	314
144-75	314,	180-75	184, 186,
	324-327,		199, 336
	328, 331, 332	181-75	186-188,
145-75	309,		336
	313-323	182-75	186,
146-78	195, 196		188-192,
148-75	178, 179		336
157-75	364	183-75	186, 336
177-75	314	184-75	186, 336
178-75	328, 333, 324	185-79	196

Продолжение

СТ СЭВ	Страница	СТ СЭВ	Страница
188—75	259	310—76	291
189—75	255—257	368—76	357—359
213—75	248—250	512—77	176, 177
214—75	202, 205	513—77	176, 178
215—75	212, 213	514—77	174
220—75	244, 245	639—77	196, 197
239—75	253, 254	640—77*	186, 192,
240—75	254		193, 336,
242—75	395		339—345
268—76	259	645—77	259
269—76	259	646—77	259
280—76	222	647—77	255
281—66	222	838—78	196—198
282—76	254	1011—78	284
301—76	346	1157—78	194, 195, 200
302—76	314, 333	1159—78	200, 202
303—76	369	1484—78	254
304—76	199, 200	1485—78	254
305—76	336	1487—78	253
306—76	336	1488—78	254
308—76	288, 294		

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

- Алфавит греческий 6
- латинский 6
- Алюминий — Характеристика 95
- Антилогарифмы 21—23
- Архимедова спираль 38

Б

- Баббиты — Условия применения 108
- физико-механические свойства 108
- Базовая длина — Понятие 360
- Балки с различным нагружением — Расчет 59, 60
- Болты быстросъемные к станочным пазам 219—221
- Болты — Понятие 185
- Бронзы — Назначение 103—105
- Понятие 103
- Свойства 103—105

В

- Валы — Основные отклонения 316—319
- Верхнее отклонение 310
- Взаимозаменяемость — Понятие 304
- Винт — Понятие 185
- Винты невыпадающие с полукруглой головкой 227, 228
- с цилиндрической головкой 227, 228
- Винты нормальной точности с полукруглой головкой 223, 224
- с полупотайной головкой 223, 224

- с потайной головкой 223, 224
- с цилиндрической головкой 223, 224

- Винты с квадратной головкой и буртиком 225
- с потайной и полупотайной головками — Опорные поверхности 250, 251

- Винты с цилиндрической головкой — Опорные поверхности 249, 250

- и шестигранным углублением под ключ 226, 249, 250

- Винты устойчивые с квадратной головкой 228

- коническим плоским и цилиндрическим концами 229

- с цилиндрическим и засверленными концами 228

- с шестигранным углублением под ключ и коническим, плоским, цилиндрическим концами 230

- Виток резьбы — Понятие 184

- Влажность — Методы измерения 397

- Вода — Удельная теплоемкость 69

- Войлок — Назначение 167

- Основные свойства 167

- Выступающее поле допуска расположения 355 — Указание 358, 359

Г

- Газ — Методы измерения количества 398

- Методы измерения расхода 398

Гайка — Понятие 186
Гайки колпачковые 240
Гайки шестигранные высокие 239
— корончатые 238
— низкие 234—236
— особо высокие 239
— с буртиком 240
— с сферическим концом 240
— с уменьшенным размером под ключ 234—236
Гайки шестигранные прорезные низкие с уменьшенным размером под ключ 237
Галтели вала под шарико- и роликоподшипники 180
Гиперболо 37, 38
Гиперболическая спираль 38, 39
Глубиномеры индикаторные 367
Головки цилиндрические 365, 366
Грунтовки — Свойства 155, 156

Д

Давление — Измерение 397
Движение вращательное равномерное 54
— равномерно-замедленное 55
— равномерно-ускоренное 55
Движение прямолинейное равномерное 54
— равномерно-замедленное 54
— равномерно-ускоренное 54
Действительное отклонение 310
Действительный размер 309
Детали крепежные 185
— Опорные поверхности 248, 249
— Отверстия сквозные 207, 208
— Стержень 245, 246
Детали цилиндрические малых размеров — Измерение 373
Диаметр резьбы средний — Формулы для подсчета 395
Диаметры резьбы — Основные отклонения 339
Диэлектрическая проницаемость различных веществ 69, 70
Долбяки — Канавки для выхода 181, 182
Допуск 310
— расположения 355
— формы 346
Древесина — Свойства 165

Е

Единица допуска 310
Единицы внесистемные, допускаемые к применению наравне с единицами СИ 13
Единицы СИ — Важнейшие производные для различных областей науки и техники 13, 14
— дополнительные 9
— основные 8
Единицы СИ производные акустических величин 10
— времени 9
— магнитных величин 12
— механических величин 10
— пространства 9
— световых величин 12
— электрических величин 11, 12

Ж

Жидкости — Измерение количества 398
— Измерение расхода 398
— Плотность 68
— Удельная теплоемкость 69
— Удельное электрическое сопротивление 70

З

Зависимый допуск расположения или формы 355 — Указание 358, 359
Зацепление зубчатое — Основные элементы 288, 289
— Ряд модулей 291

И

Изделия из бронзы — Сортамент 126, 127
— из меди — Сортамент 125, 126
— из сталей различного качества — Номинальные размеры 115, 116
Инструменты микрометрические 365

К

Кадмий — Марки 109
Калибры 364
Картон — Марки 167 — Характеристика 166

Каучуки — Назначение 171
Квадрат — Соотношение элементов 44
Квалитет 310
Квалитеты — Сравнение с классами точности 313
Керамика окисная — Основные характеристики 143
— Понятие 142
— Химически стойкая — Свойства 145
Клеи — Назначение 161
— рекомендуемые марки для склеивания различных материалов 161, 162
Клеи синтетические бакелитовые 163
— глифталевые 164
— карбамидные 164
— металлические 165
— перхлорвиниловые 164
— полиамидные 164
— полиуретановые 164
— Свойства 163—165
— типовые режимы склеивания различных материалов 162, 163
— фенольные 163
— фосфатные 165
— циан-акриловые 165
— эпоксидно-фурфурольно-ацетатные 165
— эпоксидовые 163
Ключ — Размеры 246, 247
Ключи гаечные — Места под ключи 248
Колеса зубчатые эвольвентные цилиндрические — Исходный контур 288
Колесо 286
Кольцо круговое — Соотношение элементов 47
— Часть 49
Комбинированные посадки 313
Конус круглый — Соотношение элементов 52
Конусность нормальная общего назначения — Примеры применения 171
— Ряды 176, 178
Конусы Морзе укороченные инструментальные 179
— оправок 179

— шпинделей 179
Концы болтов 212, 213
— винтов 212, 213
— шпилек 212, 213
Коэффициент линейного расширения 73
— теплопроводности 72, 73
Кривые типовые — Построение 36—40
Круг — Соотношение элементов 46
Круг шлифовальный — Канавки для выхода 182, 183

Л

Лакоткани электроизоляционные — Характеристика 169
Латуни — Назначение 99—101
— Свойства 99—103
Лента липкая изоляционная 169
Линейки шпиндельные — Допускаемые погрешности 390
Листы двухслойные коррозионностойкие 116
— из алюминия и алюминиевых сплавов 119—121
Логарифмическая спираль 39
Логарифмы — Основные свойства при одном и том же основании $a \neq 1$ 18
— Понятие 18

М

Магний — Марки 109
Материалы конструкционные композиционные — Свойства 142
— теплоизоляционные 168
Материалы лакокрасочные — Классификация по составу пленкообразования 154
— Свойства 157—159
— Сочетания грунтовок с эмалями и материалами окрашиваемых поверхностей 160
— Условные обозначения по назначению 154
Материалы — Механические свойства 71, 72
— рыхловолокнистые тепло- и звукоизоляционные — Свойства 168

- смазочные 171—173 — Назначение 171
- Технологические свойства 73
- Удельное электрическое сопротивление 66
- Физические характеристики 72, 73
- Цвета краски 77, 78
- Электрическая прочность 65
- электроизоляционные — Параметры 169
- Медь — Марки 99
- Меры длины концевые 364
- штриховые 364
- Меры угловые 388, 389
- Металлы — Структура 73
- черные 115
- Методы измерения больших диаметров и длин 370—373
- расположения поверхностей 380—386
- Механизм винтовой — Расчет 57
- клиновой — Расчет 57, 58
- простейший — Расчет 55—57
- Михалента 169
- Микрометры настольные 367
- рычажные 367
- Многоугольник любой — Соотношение элементов 48
- правильный — Соотношение элементов 46
- Момент инерции наиболее распространенных профилей осевой 62—64
- сопротивления 62—64
- МРТУ 6—10—894—69 156
- МРТУ 10—698—67 155

Н

- Наибольший зазор 312
- Наименьший зазор 312
- Наибольший натяг 312
- Наименьший натяг 312
- Наибольший предельный размер 309
- Наименьший предельный размер 309
- Натяг 311
- Независимый допуск расположения или формы 355
- Неровности — Условные обозначения направления 363

- Нижнее отклонение 310
- Никель — Марки 109
- Номинальный размер 310
- Нулевая линия 310
- Нутромеры индикаторные 367

О

- Обозначения условные алюминиевых сплавов 75
- баббитов 76
- бронз 76
- латуней 75
- магниевых сплавов 75
- медноникелевых сплавов 76
- некоторых основных элементов 74
- сталей 74, 75
- твердых спеченных сплавов 76
- чугуна 76
- Обработываемость давлением 73
- резанием 73
- Обработка термическая — Условные обозначения 77
- Олово — Назначение 108
- Свойства 108
- Освещенность — Измерение 397
- Основное отверстие 310
- отклонение 310
- Основной вал 310
- Основные виды отклонений расположения 351—354, 356, 357
- формы 348—351, 356, 375
- Основные виды прилегающих поверхностей и профилей 346, 347
- ОСТ 14727—69 222
- Отверстие — Основные отклонения 320
- Отверстия под установочные винты — Размеры 210
- сквозные — Ряды 208, 209
- Отверстия центровые с метрической резьбой — Размеры 211
- с углом конуса 60° — Размеры 210
- Отклонение расположения 346
- формы 346
- Относительное сужение 71
- удлинение 71

П

Парабола 37

Параллелограмм 47

Параметры движения — Опре-
деление 54, 55— шероховатости поверхности
360, 361, 363

Пергамент 167

Перевод градусной меры в ра-
дианную 15

Передача зацеплением 263

— зубчатая 286, 287

— коническая с прямыми зубья-
ми без смещения — Формулы
расчета 294—296— косозубая без смещения —
Формулы расчета 292, 293

— Понятие 263

— прямозубая внешнего зацеп-
ления без смещения — Фор-
мулы расчета 291

— ременная — Понятие 263

— трением 263

Передача червячная глобоидаль-
ная 290— цилиндрическая 290 — фор-
мулы расчета 298, 299Передачи втулочные — Формулы
расчета 285, 286

— зубчатоременные 263, 272, 274

Передачи зубчатые винтовыми
колесами со скрещивающими-
ся осями валов 287— внешнего зацепления 288 —
Смещение колес 288—290— коническими колесами с пере-
секающимися осями валов
287

— Расчет 290—296

— с внутренним зацеплением
288— цилиндрическими колесами с
параллельными осями валов
287

— шестерней и рейкой 287

Передачи клиноременные 263,
272 — формулы расчета 277—
281 — Шкивы 273, 274

— косозубые 287, 288

— криволинейные 287, 288

— круглоременные 263

— плоскоременные 263—265 —
Формулы расчета 269—272

— поликлиноременные 263

— прямозубые 287, 288

— роликовые — Формулы расче-
та 285, 286

— цепные — Понятие 281—284

— шевронные 287, 288

Переходная посадка 311

Пиломатериалы 166

Пирамиды — Соотношение эле-
ментов 51Пластмассы — Свойства 134—
141Платина — Примерное назначе-
ние 109Погрешности измерения допу-
стимые 369, 370

Подшипники — Понятие 300

Подшипники качения — Выбор
302—308

— двухрядные 301

— Канавки для посадки 181

— легкие 302

— Маркировка 302

— самоустанавливающиеся
301

— нормальные 302

— однорядные 301

— Основные типы 303—308

— особолегкие 302

— особоширокие 302

— радиально-упорные 302

— радиальные 302

— роликовые 301

— самоустанавливающиеся 301

— сверхлегкие 302

— средние 302

— узкие 302

— упорные 302

— четырехрядные 301

— шариковые 301, 303, 304

— широкие 302

Подшипники скольжения 300,
301

— упорные 300

Покрытия — Классификация по
внешнему виду 161— Обозначение видов дополни-
тельной обработки 147— Обозначение признаков, ха-
рактеризующих физико-меха-
нические свойства 147— Обозначение способов нанесе-
ния 145, 146

- Особенности контакта с металлами в различных условиях эксплуатации 148, 149
- Покрyтия металлические** — Обозначения 146
- Свойства 150, 151
- Покрyтия неметаллические неорганические** — Свойства 152
- пластмассовые 153
- резиновые 153
- Поле допуска** 310
- расположения 355
- формы 346 — Указание 358, 359
- Поле суммарного допуска формы и расположения** 355
- Полосы стальные горячекатаные** — Размеры 117
- Поля допусков валов для номинальных размеров от 1 до 500 мм** 324
- отверстий для номинальных размеров от 1 до 500 мм 325
- резьб 339
- Парабола** 37
- Посадка** 310
- с зазором 311
- с натягом 311
- Посадки в системе вала** 312
- для номинальных размеров от 1 до 500 мм 327
- Посадки в системе отверстия** 312
- для номинальных размеров от 1 до 500 мм 326
- Посадки** — Рекомендуемые замены посадок системы ОСТ посадками по СТ СЭВ 144—75 для номинальных размеров от 1 до 500 мм 328—332
- Условное обозначение 314
- Построения геометрические простейшие** 32—36
- Предел прочности при растяжении** 71
- при сжатии 71
- хрупких материалов при статическом изгибе 72
- Предел текучести материалов** 71
- Предельное отклонение** 310
- Предельные отклонения диаметров внутренней резьбы** 344—345
- наружной резьбы 340—343
- Предельный размер** 309
- Преобразования алгебраические** Основные правила 25, 26
- Приборы для измерения углов гониометрическим методом** 393, 394
- оптомеханические 367, 368
- оптические 367, 368
- пневматические измерительные 367
- Призмы** — Соотношение элементов 50, 51
- Прилегающая окружность** 347
- плоскость 346
- поверхность 346
- прямая 347
- Прилегающий профиль** 347
- цилиндр 347
- Припой** — Понятие 112
- оловянно-свинцовые в чушках 112 — Области применения 112, 113
- серебряные — Свойства 114
- Приставки десятичные** 7
- Проводник, имеющий электрическое сопротивление 1 Ом** — Длина 65
- Удельное электрическое сопротивление 70
- Проволока круглая холоднотянутая** — Сортамент 117, 118
- Электрическое сопротивление 65
- Прогрессия арифметическая** 25
- геометрическая 25
- Пропорции** 24
- Профили гнутые стальные С-образные** 115
- резьбы 185
- Проценты** 24, 25
- Прутки прессованные алюминиевые** — Сортамент 123—125
- Прямоугольник** — Соотношение элементов 43, 44

Р

- Радиус инерции минимальный для наиболее распространенных профилей** 62—64
- Радиусы закруглений деталей из металла и пластмасс** 180
- сопряженных валов и втулок 180

Размер 309
 — номинальный 310
Размеры номинальные до 500 мм — Значения допусков 315
 — нормальные линейные — Ряды 174, 175
Реактопласты — Свойства 131—133
Резина 169—171 — Классификация 171
Резины из разных каучуков — Свойства 170
Рейки — формулы расчета 296
Резьба коническая 199—202
 — дюймовая с углом профиля 60° — Недорезы 207 — Проточки 207 — Сбеги 207 — Фаски 207
 — метрическая с конусностью 1 : 16 200
 — трубная — Размеры 202
Резьба метрическая 186
 — внутренняя — Недорезы 205 — Проточки 206 — Сбеги 205
 — Длина свинчивания 192, 193
 — наружная — Недорезы 203, 204 — Проточки 204, 205 — Сбеги, 203, 204
 — Основные размеры 188—192
 — Ряды 186—188
Резьба трапецидальная — Номинальные профили 195
 — однозаходная — Диаметры и шаги 196, 197 — Основные размеры 197
 — симметричная 196
Резьба упорная — Профиль и основные размеры 199
 — цилиндрическая трубная 186 — Размеры 194, 195
Резьбы — Методы измерения 394—396
Ремень приводной — Рекомендации по выбору 265, 266
Ремни клиновые — Размеры сечений 274
 — Расчетная длина 275
Ремни плоские кожаные — Размеры 267
 — хлопчатобумажные цельнотканые пропитанные — Раз-

меры 267 — Физико-механические показатели 267

Ромб — Соотношение элементов 45

С

Свариваемость — Понятие 73
Свободное падение — Параметр 54
Свойства литейные — Характеристика 73
Сегмент круговой — Соотношение элементов 49
 — шаровой — Соотношение элементов 53
Сектор — Соотношение элементов 48
 — шаровой — Соотношение элементов 53
Серебро — Примерное назначение 109
Система допусков и посадок — Определение 304—313
Ситаллы — Основные характеристики 144
 — Понятие 142
Слюда — Характеристика 169
Смеси охлаждающие — Характеристики 66
Соединения неразъемные 183, 184
 — разъемные 183
 — резьбовые — Упрощенный расчет 251—253
 — с гарантированным натягом 184
Соединения шлицевые 259
 — неподвижные 260
 — подвижные 260
 — прямобоочные 259 — Размеры 261, 262
 — Расчет 260, 262
 — треугольные 259
 — эвольвентные 259, 260
Соединения шпоночные 258
 — штифтовые 254
Сплавы алюминиевые деформируемые — Примерное назначение 96 — Свойства 95
 — литейные — Назначение 97 — Разделение 96 — Свойства 98

- Сплавы антифрикционные** алюминевые — Назначение 106
— Условия работы 106
— на цинковой основе 107
- Сплавы магниевые** деформируемые — Свойства 110
— литейные — назначение — 110 — Свойства 110
- Сплавы медно-никелевые** — Назначение 105 — Свойства 105
- Сплавы твердые** — Понятие 110
— спеченные — Назначение 111 — Основные характеристики 111 — Свойства 111
- Сплавы титановые** — Механические свойства 107 — Разделение 107
— электрохимические — Марки 106 — Назначение 106 — Свойства 106
- Средняя линия профиля** 360
- Средства измерения параметров шероховатости поверхности** 386, 387
- Стали конструкционные** — Механические свойства 83 — Технологические свойства 83 — Физические свойства 83
— электротехнические — Магнитные свойства 88, 89
- Сталь быстрорежущая инструментальная** — Примерное назначение 93, 94
— конструкционная повышенной и высокой обрабатываемости резанием — Назначение 94
— коррозионностойкая — Примерное назначение 90, 91
— Определение марки по искре 78, 79
— Понятие 82
— Цвета каления 79
— Цвета побежалости 79, 80
- Сталь легированная инструментальная** — Примерное назначение 92, 93
— конструкционная — Механические свойства 85—87 — Примерное назначение 90 — Разделение по видам обработки 89 — Разделение по химическому составу 89
— Разделение по степени легирования 85
- Сталь листовая горячекатаная** — Параметры 114
— двухслойная коррозионно-стойкая 116
- Сталь листовая холоднокатаная** — Параметры 114
- Сталь низколегированная конструкционная** — Механические характеристики 85
— универсальная — Примерное назначение 89
- Сталь прокатная угловая** неравнополочная 115
— равнополочная 115
- Сталь рессорно-пружинная** — Назначение 91, 92 — Режимы обработки 88 — Свойства 88, 89.
- Сталь тонколистовая электротехническая** — Классификация 88 — Назначение 94
- Сталь углеродистая качественная конструкционная** — Категории 82 — Примерное назначение 84
- Сталь углеродистая обыкновенного качества** группы А — Механические свойства 82
— Примерное назначение 84
- Сталь угловая холоднокатаная** 115
- Стеклоткани** — Характеристика 169
- Стенкомеры индикаторные** 367
- Степени точности диаметров резьбы по СТ СЭВ 640—77** 336
— числа 7
- Стержни прямые постоянного сечения** — Расчет на устойчивость 61
- Суммарное отклонение формы и расположения** 355
- Суммарный допуск формы и расположения** 355

Т

- Твердость по Бринеллю** 72
— по Виккерсу 72
— по Роквеллу 72
- Тела твердые** — Плотность 67 —
Удельная теплоемкость 68

Температура — Измерение 397
 — плавления 72
Термопласты — Свойства 128—131
Толщиномеры индикаторные 367
Тор — Соотношение элементов 53
Трапеция 47
Треугольник косоугольный — Соотношение элементов 42, 43
 — прямоугольный — Соотношение элементов 40
 — равнобедренный — Соотношение элементов 41
 — равнобедренный прямоугольный — Соотношение элементов 41
 — равносторонний — Соотношение элементов 42, 43
Тригонометрия — Основные формулы 29—31
Труба цилиндрическая — Соотношение элементов 52
Трубы из цветных металлов 119, 122
 — стальные — Сортамент 119
ТУ 6-05-1105—73 129
ТУ 6-05-1344—71 129
ТУ 6-05-1668—74 130
ТУ 6-06-309—70 130
ТУ 6-10-1155—71 156

У

Углы нормальные 176
Уголки стальные гнутые неравнополоочные 115
Ударная вязкость 71, 72
Упрочняемость металлов и сплавов — Понятие 73

Ф

Фанера — Размеры листов 166
Фарфор — Основные свойства 144
Функции тригонометрические 26—29
 — Знаки 27
 — Значения 27—29
 — Формулы приведения 27

Ц

Цепи двухрядные 285
 — однорядные 285

Цепи приводные втулочные 284
 — зубчатые 284, 286
 — роликовые 284
 — фасоннозвенные 284
Цепи роликовые двухрядные 282
 — однорядные 282
Циклоида 40
Цилиндр круглый — Соотношение элементов 52
 — прямой усеченный — Соотношение элементов 52
Цифры римские 6

Ч

Червяк архимедов 297
 — Расчет длины нарезанной части 300
Червяк с прямолинейным профилем винта 297
 — впадины 297
Червяк цилиндрический 297
 — эвольвентный 297
Четырехугольник — Соотношение элементов 48
Числа от 11 до 100 — Величины обратные 16, 17
 — Квадраты 16, 17
 — Корни квадратные 16, 17
 — Корни кубические 16, 17
 — Логарифмы натуральные 16, 17
Числа (n, d) от 1,0 до 10,0 — Величины обратные 15
 — Длины окружностей 15
 — Квадраты 15
 — Корни квадратные 15
 — Корни кубические 15
 — Кубы 15
 — Логарифмы десятичные 15
 — Площади кругов 15
Число меньше единицы — Корни 17
Чугун — Понятие 80
Чугун белый 80
 — жаростойкий — Механические свойства 81
 — ковкий — Механические свойства 81
Чугун серый 80
 — антифрикционный 80
 — высокопрочный ковкий 80, 81
 — жаропрочный 80

- коррозионностойкий 80, 81
- литейный 80

Ш

Шайбы — Понятие 186, 222

- конические 242
- пружинные 243
- сферические 242
- увеличенные 241, 242
- уменьшенные 241, 242

Шар — Соотношение элементов 53

Швеллеры стальные гнутые равнополочные 115

- горячекатаные 11

— неравнополочные холодногнутые 115

Шероховатость поверхности 360
— Обозначение 362

Шестерня 286

Шкивы — Исполнение 268

- Профиль канавок 276
- Размеры 268
- ременные 269
- Типы 268

Шпатлевки — Свойства 156, 157

Шпилька — Понятие 185, 222

Шпильки нормальной и повышенной точности для деталей

с гладкими отверстиями 233

- с ввинчиваемыми концами 231, 232

Шплинты 244

Шпонки 258 — Подбор 259 —

Проверка прочности 259

- клиновые 258, 259

Шпопки призматические 256, 257

- высокие 255

— направляющие с креплением на валу 255

- обыкновенные 255

- скользящие сборные 255

Шпонки сегментные 255, 259

- тангенциальные 258, 259

Штангенинструменты 364, 365

Штифты гладкие 253, 254

- конические 253, 254

- крепежные 253

- просечные 253

- установочные 253

- цилиндрические 253—255

Шум — Измерение 397

Э

Электролиты — Удельное электрическое сопротивление 66

Эллипс 36

ИБ № 2254

Владимир Павлович Законников, Алексей Николаевич Малов,
Алгимантас Балевич Пакинс и др.

ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК

Редактор издательства *И. И. Лесниченко*

Технический редактор *Н. В. Тимофеев*

Корректоры: *Л. Е. Хохлова, О. Е. Мишина и В. Е. Блохина*

Сдано в набор 26.12.80. Подписано в печать 16.11.81. Т-30006. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 21.84. Уч.-изд. л. 28.84. Тираж 258 000 экз. Заказ 1670. Цена 1 р. 70 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение», Москва, Б-76, Стромынский пер., 4

Ордена Октябрьской Революции, ордена Трудового Красного Знамени Ленинградское производственно-техническое объединение «Печатный Двор» имени А. М. Горького Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 197136, Ленинград, П-136, Чкаловский пр., 15.